

Resumen

En este proyecto se lleva a cabo un análisis de todos los flujos logísticos desarrollados entre dos Gran Premios de MotoGP™. Para ello se ha contactado con la empresa responsable de la organización de este evento, Dorna Sports, situada en el municipio barcelonés de Sant Just Desvern.

El objetivo del presente proyecto es realizar un análisis crítico de la logística entre el Gran Premio de Motorland (Aragón) y Motegi (Japón). Se ha empleado una determinada metodología para la correcta estructuración del trabajo; se han clasificado los diferentes flujos atendiendo a la localización donde se producían. Así se obtienen dos grandes flujos, el de aprovisionamiento y el de distribución. En el primero se describen todos los movimientos que tienen por objetivo recolectar todo el material, bien en el circuito de origen, Motorland, u otras ubicaciones. En los flujos de distribución se describen aquellos que suministran todo el material necesario para que se celebre el gran premio japonés.

Tras el análisis logístico, son detectados diferentes puntos débiles que, o bien esconden ineficiencias, o podrían ser llevados a cabo de una forma diferente causando un menor impacto. Son expuestas tres posibles mejoras al proceso logístico. Tras su explicación se estudia su viabilidad, quedando una de ellas descartada, al menos durante unos años. Mediante las otras 2 propuestas, se haría más eficiente el proceso reduciendo manipulaciones, personal y material de movimentación, el número total de camiones del primer flujo (a más de la mitad) y las cajas empleadas para transportar el material (aproximadamente un 35%).

Para llevar a cabo ambas propuestas es necesario realizar una cierta inversión inicial, que obtendría un retorno no sólo económico sino también a nivel de simplificación de las operaciones llevadas a cabo.

Finalmente, se elabora un presupuesto para monetarizar de alguna forma el tiempo y los recursos invertidos en este trabajo.

Se ha llegado a distintas conclusiones tras la elaboración del presente proyecto. Una de las más reseñables es que la logística se encuentra detrás de casi todos los ámbitos de la vida cotidiana, en este caso los espectáculos deportivos. A veces no se le otorga la suficiente atención y se deja que el proceso se adapte al crecimiento de demanda de material a transportar. De esta forma se generan ineficiencias. Sin embargo, llevando a cabo un estudio del proceso se han obtenido resultados que permitirán realizar las actividades de una manera más eficiente. Es por esto que a partir de este proyecto, Dorna puede incorporar la visión crítica a su proceso logístico como una forma de mejora continua.

Sumario

RESUMEN	1
SUMARIO	3
ÍNDICE DE FIGURAS	5
ÍNDICE DE TABLAS	7
1. GLOSARIO	9
2. PREFACIO	11
2.1. Origen del proyecto	11
2.2. Motivación	11
3. INTRODUCCIÓN	13
3.1. Objetivos del proyecto.....	13
3.2. Alcance del proyecto.....	13
4. PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA	15
4.1. Campeonatos bajo la responsabilidad de DORNA	15
4.2. Departamentos.....	15
4.3. Organigrama y RRHH	17
4.4. Calendario de pruebas y circuitos.....	18
5. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO LOGÍSTICO	20
5.1. Introducción.....	20
5.2. Aprovisionamiento.....	20
5.2.1. Circuito origen (Motorland)	22
5.2.2. Circuito origen (Motorland) – Schiphol (Amsterdam).....	24
5.2.3. Contenedores Austin – Motegi	27
5.3. Distribución.....	29
5.3.1. Tokyo Narita – Motegi.....	30
5.3.2. Contenedores marítimos Puerto de Tokyo – Motegi	31
5.4. Representación gráfica del flujo completo.....	33
6. PUNTOS CRÍTICOS	35
6.1. Transporte en cajas vs. Transporte en PMC.....	35
6.2. Falta de estandarización de las cajas.....	36
6.3. Impacto ambiental del transporte aéreo	37

7. MEJORAS PROPUESTAS PARA LOS PUNTOS CRÍTICOS	39
7.1. Propuesta para la disminución del impacto ambiental.....	39
7.2. Reducción de la flota de camiones empleada utilizando palés PMC	41
7.3. Estandarización de las cajas empleadas para el transporte del material...	42
7.3.1. Cálculo de las medidas de las cajas estándar.....	44
7.3.2. Tipos de <i>layout</i> en los palés PMC de las cajas tipo.....	47
7.3.3. Número de cajas de cada tipo, palés PMC y distribución en ellos	50
7.3.4. Tabla resumen de número de cajas y palé PMC de cada tipo	53
7.3.5. Cálculo de la cota relajada	55
8. VIABILIDAD DE LAS MEJORAS PROPUESTAS	56
8.1. Viabilidad de la utilización del ferrocarril para el transporte del material	56
8.2. Viabilidad de la utilización de palés PMC en el circuito de origen	57
8.3. Viabilidad de la estandarización de las cajas empleadas para el transporte del material de Dorna y los equipos	60
9. PRESUPUESTO DE REALIZACIÓN DEL PROYECTO	62
CONCLUSIONES	65
AGRADECIMIENTOS	68
BIBLIOGRAFÍA	69
Referencias bibliográficas	69
Bibliografía complementaria	69

Índice de figuras

Fig. 1.	Plano de la situación de Dorna Sports	15
Fig. 2.	Situación de las cámaras	16
Fig. 3.	Organigrama del departamento de Operaciones	17
Fig. 4.	Cronograma del calendario de pruebas de MotoGP™	19
Fig. 5.	Mapa de la distancia entre Motorland y Motegi	20
Fig. 6.	Colocación de las vallas publicitarias en el circuito	21
Fig. 7.	Variabilidad de las cajas empleadas para el transporte	22
Fig. 8.	Plano del circuito de Motorland	23
Fig. 9.	Mapa de la distancia entre Motorland y el aeropuerto de Schiphol	24
Fig. 10.	Representación de un palé aéreo PMC	25
Fig. 11.	Carga de los <i>safety cars</i> en Motorland	25
Fig. 12.	Carga de los <i>safety cars</i> en Schiphol	26
Fig. 13.	Carga de los palés aéreos en la bodega del avión	26
Fig. 14.	Interior hospitality	28
Fig. 15.	Mapa de la distancia entre Austin y Los Ángeles	28
Fig. 16.	Mapa de la distancia entre Los Ángeles y Tokyo	29
Fig. 17.	Mapa de la distancia entre el aeropuerto de Narita y Motegi	30
Fig. 18.	Mapa del circuito de Motegi	31

Fig. 19.	Mapa de la distancia entre el puerto de Tokyo y Motegi	32
Fig. 20.	Imagen acotada de camión europeo	36
Fig. 21.	Proceso de carga de las cajas	37
Fig. 22.	Noticia relativa al recorrido ferroviario entre China y España	39
Fig. 23.	Mapa del recorrido ferroviario llevado a cabo entre China y España	40
Fig. 24.	Mapa de la distancia entre Shanghai y Tokyo	40
Fig. 25.	Plano de las distintas bodegas de un <i>Boeing 747</i>	43
Fig. 26.	Moto de competición en su caja para ser transportada	45
Fig. 27.	Plano de caja tipo 1 sobre palé PMC	45
Fig. 28.	Plano de caja tipo 1, 2 y 3 sobre palé PMC	46
Fig. 29.	Plano 2 cajas tipo 4 sobre palé PMC	48
Fig. 30.	Plano <i>layout</i> cajas 4 en palé PMC	48
Fig. 31.	Planos diferentes <i>layouts</i> posibles	48

Índice de tablas

Tabla. 1.	Tabla del calendario de pruebas de MotoGP™	18
Tabla. 2.	Tabla de dimensiones de camiones europeos y japoneses	35
Tabla. 3.	Tabla comparativa del consumo energético entre distintos modos de transporte	38
Tabla. 4.	Tabla explicativa de las características de un palé PMC	44
Tabla. 5.	Tabla resumen de palés y cajas Dorna	53
Tabla. 6.	Tabla resumen de palés y cajas equipos	54
Tabla. 7.	Tabla presupuesto coste personal	62
Tabla. 8.	Tabla presupuesto coste de operaciones	62
Tabla. 9.	Tabla presupuesto coste de material y administrativo	63
Tabla. 10.	Tabla presupuesto costes administrativos	63
Tabla. 11.	Tabla total presupuesto	63

1. Glosario

Supply Chain: Término inglés que se refiere a Cadena de Suministro. En la cadena de suministro se engloban todos los procesos destinados a satisfacer las necesidades del cliente final. Abarca los flujos ya sean de información o material desde los proveedores, la producción, el almacenamiento, canales de distribución y distribución al cliente final.

TFM: siglas que significan Trabajo Fin de Máster.

MotoGP™: categoría reina del Mundial de Motociclismo. En ella corren las motos de mayor cilindrada, contando con 1000 centímetros cúbicos.

Moto2™: categoría intermedia del Mundial de Motociclismo. En ella corren las motos de cilindrada intermedia, contando con 600 centímetros cúbicos.

Moto3™: categoría más baja en el Mundial de Motociclismo. En ella corren las motos con la cilindrada más pequeña, contando con 250 centímetros cúbicos.

Contenedor FEU: contenedor de transporte de mercancía que puede acoplarse a cabinas de camión, en ferrocarril, en barcos de carga, etc. Las siglas FEU significan *Forty-foot Equivalent Unit*, por lo tanto constituye una unidad de 40 pies de largo.

Palé aéreo PMC: Palé para el transporte de mercancía cuyas dimensiones se adaptan a las dimensiones internas de las bodegas de los aviones. Lo constituye una plancha de aluminio y cuenta con unas dimensiones de 317 x 244 cm.

Personal de handling: recursos humanos dedicados a la movimentación de mercancía en un determinado lugar.

Core: actividad que constituye la funcionalidad principal de una empresa, aquella que añade un valor añadido esencial al producto o servicio que ofrece la empresa y que no suele estar sujeta a ser subcontratada.

Workflow: flujo de actividades que se desarrollan en un determinado orden para llevar a cabo un proceso.

Pit lane: zona de un circuito de competición, generalmente un carril, que separa los boxes de los equipos de la pista donde corren los distintos vehículos.

Cronograma: representación gráfica en la que se expone la secuencia y duración de determinadas actividades.

Safety cars: coches dedicados a indicar condiciones especiales de carrera (vuelta de calentamiento, accidentes, condiciones meteorológicas adversas, etc.). Salen a pista cuando sucede alguna de las condiciones anteriores liderando el grupo de vehículos para mantener en un límite determinado la velocidad.

Layout: disposición y distribución en el espacio de objetos. Se aplica de forma más habitual en el ámbito de la tecnología.

Full load: se aplica a recipientes que van cargados al máximo de su capacidad. En este caso se utiliza para referirse al transporte de material.

Sponsors: se refiere a aquellas entidades o empresas que patrocinan un determinado evento.

2. Prefacio

2.1. Origen del proyecto

La temática de este proyecto surgió a partir de la asignatura de *Estrategias Sectoriales en la Cadena de Suministro*. En ella se trataban las singularidades de la *Supply Chain* que implican diferentes sectores industriales. Tratando sectores como el electrónico, automoción, alimenticio, farmacéutico, etc.

Al finalizar la asignatura se pretende que el alumno adquiriera una visión global de la logística, viendo que se encuentra presente en la mayor parte de los ámbitos cotidianos.

El profesor, Xavier Gavalda (tutor de este proyecto), nos instó a realizar un trabajo en el que pudiésemos aplicar los conocimientos adquiridos. Es entonces cuando surge el tema de la logística no sólo en el ámbito industrial sino también aplicada a conciertos musicales o eventos deportivos. Dado el carácter del trabajo para esta asignatura, se descartó hacerlo sobre la logística que implica el mundial de MotoGP™ por su complejidad. Pero tras comentarlo con el tutor se consideró que podría ser un tema interesante para desarrollar el TFM.

2.2. Motivación

Como se ha comentado, es frecuente encontrar proyectos que versen sobre logística en el entorno industrial. Por ello, este tema desarrollado en el contexto deportivo se hace muy atractivo dada su singularidad. Todo esto, junto con la disponibilidad mostrada por parte de Dorna a la hora de ofrecer información, hacen más sencilla la realización de este proyecto.

3. Introducción

Al tratar el proyecto sobre la logística que implica el mundial de motociclismo, se hace interesante llevar a cabo una breve presentación de esta prueba de motor para poder así tener una visión de contexto adecuada.

MotoGP™ se trata de la máxima categoría del Mundial de Motociclismo, coexistiendo con las otras dos categorías del campeonato, Moto2™ y Moto3™. Surge en 1949 y se celebra de forma ininterrumpida desde entonces. En total participan más de 80 pilotos y unos 13 equipos. Las cilindradas de las 3 categorías van desde los 1000 cc de MotoGP™, pasando por los 600 cc de Moto2™ y los 250 de Moto3™. Se realizan 18 pruebas en distintos circuitos de 13 países a lo largo de 9 meses de competición. [1]

Por otro lado también es relevante conocer la empresa que gestiona la logística del Mundial, DORNA Sports. Esta adquiere mediante concurso público los derechos audiovisuales del Campeonato del Mundo de Motociclismo para explotarlos a partir de la temporada de 1993. Entre las responsabilidades de esta empresa se incluyen: la organización del evento, supervisión de las normas técnicas, relación con los equipos y fabricantes, producción del contenido televisivo, venta del contenido, la web de MotoGP™, comunicación, sponsors, etc. [2]

3.1. Objetivos del proyecto

El objetivo principal de este proyecto es el análisis crítico de la logística desarrollada entre dos Gran Premios de MotoGP™. Tras finalizar este examen, una vez conocidos todos los flujos se pretende mejorar el proceso si es que este tiene algún punto débil.

3.2. Alcance del proyecto

El proyecto describe la logística llevada a cabo por la empresa DORNA Sports en el mundial de MotoGP™. No se tratarán los movimientos logísticos de cada uno de los equipos presentes en el mundial ni su movilidad entre los distintos gran premios.

Se tratará la logística comprendida entre 2 gran premios de MotoGP™. Se han escogido los gran premios de Motorland (Aragón) y Motegi (Japón). Tras analizar las múltiples opciones existentes se acordó que entre ambas pruebas existían flujos más interesantes que con otras combinaciones (movimiento intercontinental, diferencias culturales notables, desigualdades infraestructurales, etc.).

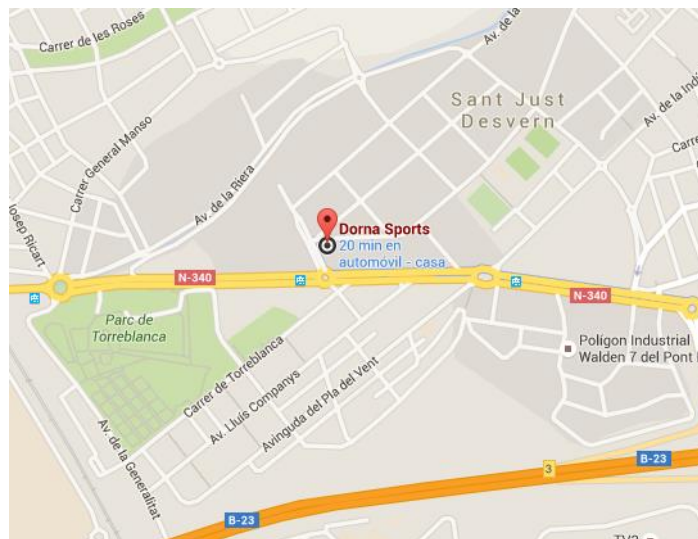
Es importante mencionar que el proyecto analiza el movimiento entre los dos Gran Premios escogidos, es decir se comienza con el proceso de aprovisionamiento en el circuito de origen. Por lo tanto no se trata cómo ha llegado el material a este, pero sí cómo lo hace al circuito de destino.

4. Presentación de la empresa

DORNA Sports es una empresa dedicada a la gestión, marketing y comunicación de eventos deportivos cuyas oficinas centrales se encuentran en Madrid, teniendo subsidiarias en Roma, Ámsterdam, Tokyo y Barcelona.

Las oficinas catalanas se encuentran situadas en el municipio barcelonés de Sant Just Desvern.

Fig. 1. Plano de la situación de Dorna Sports



Fuente: Google Maps

4.1. Campeonatos bajo la responsabilidad de DORNA

Mediante DORNA se da soporte a diferentes campeonatos tanto profesionales como otros con ánimo de descubrir a nuevos talentos:

- MotoGP™
- Superbikes
- FIM CEV Repsol
- MotoGP™ Red Bull Rookies Cup
- Shell Advance Asia Talent Cup

4.2. Departamentos

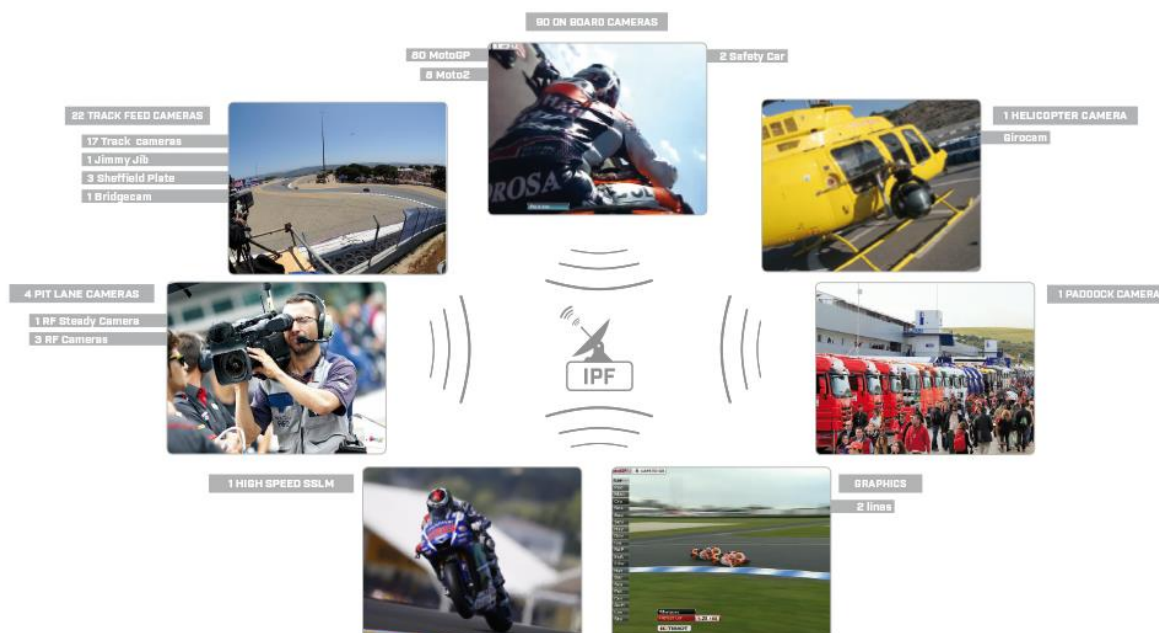
La empresa está formada por distintos departamentos que cubren todas las funciones

desempeñadas por la empresa en el mundial de motociclismo.

A continuación se detallan los distintos departamentos y una breve descripción de su función principal:

- Eventos: a través de este departamento se coordinan unas 3000 personas, atendiendo a ventas de entradas, publicidad, organización de las instalaciones para los equipos, horarios, control de acceso, etc.
- Operaciones: coordinación del transporte de material de Dorna y en los gran premios fuera de Europa el material de todos los equipos. (Las actividades desarrolladas por este departamento suponen el foco de estudio de este proyecto).
- Contenido de televisión y producción: existe una amplia variedad de dispositivos mediante los cuales se captan las imágenes que son retransmitidas. Se utilizan más de 100 cámaras entre las *onboard*, la *helicam*, las cámaras de pista, etc.

Fig. 2. Situación de las cámaras



Fuente: www.dorna.com

- Media Sales: se dedican a la venta del contenido tanto a televisiones como medios escritos y online.
- New Media: dada la diversidad de soportes existentes actualmente se hace necesario un departamento atendiendo al desarrollo de aplicaciones, la web de MotoGP™, etc. y el contenido a mostrar en ellos.
- Sponsoring: Dorna mantiene acuerdos con diferentes empresas para desarrollar actividades que no forman parte de sus competencias, pero que se hacen necesarias para el correcto desarrollo de la competición. Algunos ejemplos son

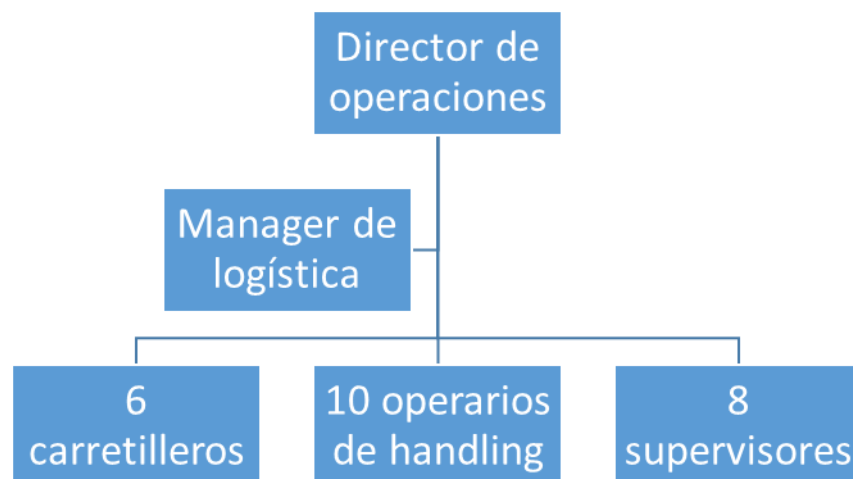
BMW para los safety cars, DHL para la logística, Michelin para los neumáticos o Tissot para el cronometraje.

- Licensing: existen diferentes productos o bien con marca propia MotoGP™ o que de alguna manera son oficiales, como relojes TISSOT oficiales MotoGP™, videojuegos, ropa, BMW versión MotoGP™, etc.
- Corporate Hospitality: en cada gran premio se instala un MotoGP™ VIP village cuya construcción también es responsabilidad de DORNA. En él se da acogida a celebridades, los equipos realizan reuniones o eventos, etc.
- *Timing* y procesamiento de datos: se trata de una función crítica ya que en la recogida de datos relativos a tiempos puede determinarse el vencedor de un determinado gran premio. El departamento de procesamiento de datos se encarga de transmitirlos a control de carrera, producción de televisión y a la website.
- Communication & PR: abarca una amplia gama de funciones. Llevan a cabo la organización de eventos promocionales, conferencias de prensa, protocolo o coordinación de personalidades.

4.3. Organigrama y RRHH

En cuanto al personal dedicado a la logística entre los dos gran premios, existe un Director de Operaciones y un Director de logística. Al menos uno de ellos está presente en el proceso de aprovisionamiento y en el de distribución para supervisar el correcto desarrollo de las operaciones. Para llevarlas a cabo se cuenta con 6 carretilleros, 10 operarios de *handling* más 8 supervisores. Tanto los carretilleros como los operarios son subcontratados a una empresa local, mientras que los 8 supervisores los forman un equipo de DHL (con la cual Dorna ha hecho un *partnership*).

Fig. 3. Organigrama del departamento de Operaciones



4.4. Calendario de pruebas y circuitos

El Mundial de Motociclismo está compuesto por 18 pruebas en cuatro continentes (Asia, América, Europa y Australia). La duración del Mundial es de 9 meses con una repetición anual; a diferencia de otros grandes eventos deportivos como las Olimpiadas, que también suponen un gran esfuerzo logístico, pero tienen una cadencia de 4 años y el evento tiene una duración de menos de un mes.

La mayoría de las pruebas, 12, se llevan a cabo en el continente europeo. A continuación se especifica fecha y localización de todas ellas durante la temporada de 2016:

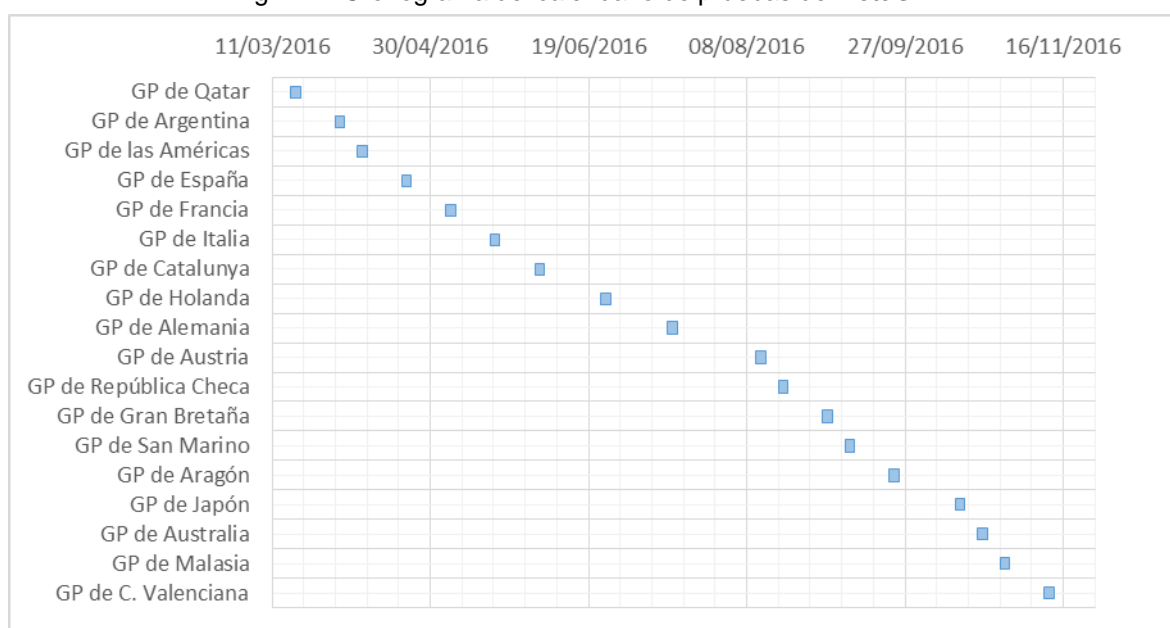
Tabla. 1. Tabla del calendario de pruebas de MotoGP™

FECHA	GRAN PREMIO	TRAZADO
20/03/2016	GP de Qatar	Circuito de Losail
03/04/2016	GP de Argentina	Circuito de Termas de Río Hondo
10/04/2016	GP de las Américas	Circuito de las Américas
24/04/2016	GP de España	Circuito de Jerez
08/05/2016	GP de Francia	Circuito de Le Mans
22/05/2016	GP de Italia	Circuito de Mugello
05/06/2016	GP de Catalunya	Circuito de Montmeló
26/06/2016	GP de Holanda	Circuito de TT Assen
17/07/2016	GP de Alemania	Circuito de Sachsenring
14/08/2016	GP de Austria	Circuito de Red Bull Ring
21/08/2016	GP de República Checa	Circuito de Brno
4/09/2016	GP de Gran Bretaña	Circuito de Silverstone
11/09/2016	GP de San Marino	Circuito de Marco Simoncelli Misano
25/09/2016	GP de Aragón	Circuito de Motorland Aragón

16/10/2016	GP de Japón	Circuito de Motegi
23/10/2016	GP de Australia	Circuito de Phillip Island
30/10/2016	GP de Malasia	Circuito de Sepang
13/11/2016	GP de C. Valenciana	Circuito Ricardo Tormo

A continuación se puede observar de forma gráfica cómo están repartidos los grandes premios a lo largo de los 9 meses:

Fig. 4. Cronograma del calendario de pruebas de MotoGP™



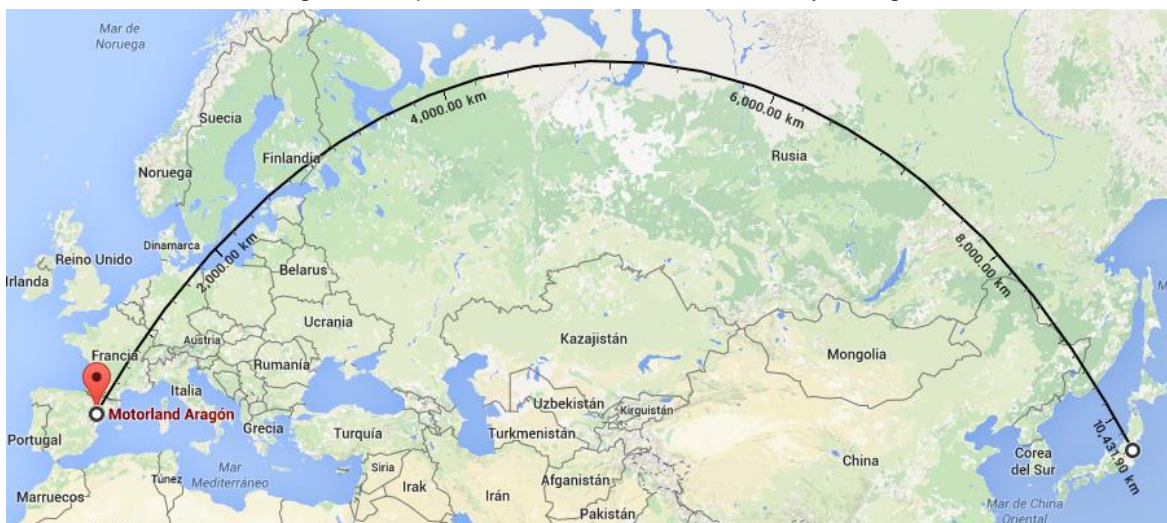
5. Descripción del proceso logístico

5.1. Introducción

Se van a explicar todos los flujos logísticos dados entre los dos gran premios elegidos: Motorland (Gran premio de Aragón) y Motegi (Gran premio de Japón). Existe una diferencia de 21 días entre ambos eventos, disputándose este año el primero, el 25 de septiembre y el segundo, el 16 de octubre.

Para poder tener una visión aproximada de los esfuerzos logísticos llevados a cabo en este período de tiempo, existen 2 buenos indicadores: la distancia de separación entre los circuitos y las toneladas a transportar. La distancia que separa ambos puntos (si el flujo de materiales fuese directo entre ellos) es de unos 10.000 km.

Fig. 5. Mapa de la distancia entre Motorland y Motegi



Fuente: Google Maps

Por otro lado, se transportan unas 330 toneladas de material (entre el equipamiento de Dorna y el de los equipos).

5.2. Aprovisionamiento

El proceso comienza con el aprovisionamiento de todo el material necesario para celebrar

el gran premio. Dorna, al tratar este proyecto sobre dos carreras intercontinentales, se hace cargo del transporte de material propio y del de los equipos para la organización del evento. Esto incluye:

- Todo el material relacionado con la retransmisión televisiva (cámaras, fibra, herramientas diversas, monitores, etc.)
- Utensilios para la medición de tiempos.
- 2 *safety cars* y 1 moto (también ésta con carácter de seguridad)
- *Banners* y elementos para la publicidad emplazada en el circuito.

Fig. 6. Colocación de las vallas publicitarias en el circuito



Fuente: www.taringa.net

- Todas las motos (forman un total de 105 unidades, 40 de ellas pertenecientes a MotoGP™ y el resto a las otras 2 categorías) y los recambios de estas.
- Los *hospitalities* (instalaciones donde los equipos desarrollan distintas actividades como reuniones, relaciones públicas, comidas, etc.).

Para el movimiento de todo este material a través de fronteras internacionales es necesario realizar los trámites aduaneros pertinentes. En cada uno de los flujos que se explican a continuación se hace una breve referencia de estos documentos necesarios para el transporte extracomunitario de mercancías.

Para una correcta explicación del proceso de aprovisionamiento, se separa en diferentes partes, en función de la localización en la que se lleve a cabo. De esta forma, se separan los flujos de aprovisionamiento en dos distintos: el del circuito de origen (Motorland) y el desarrollado en Schiphol (Ámsterdam). En todo este proceso el material es el mismo, pero

existen especificaciones que hacen necesaria su división en partes. Por otro lado existe otro flujo que se tratará aparte, hay material que se encuentra triplicado en contenedores marítimos. Estos se van moviendo alrededor del mundo en función de los requerimientos del calendario del mundial. Así, además de los flujos mencionados anteriormente también se analiza este último.

5.2.1. Circuito origen (Motorland)

El proceso de aprovisionamiento en el circuito comienza el sábado previo a la celebración del gran premio, en este caso el día 24 de septiembre. 15 camiones llegan al circuito cargados con cajas vacías y se aparkan. Dos de ellos tienen las cajas que el domingo rellenará Dorna, los 13 restantes están destinados al material de los equipos.

La razón por la que entran estos camiones el sábado y no el lunes es por mera seguridad. El domingo, día del gran premio, sólo se pueden producir operaciones de salida del circuito, ninguna entrada.

Es importante destacar que las cajas de los equipos no cuentan con unas medidas homogéneas, por lo que existe una importante variedad de tamaños lo que hace el proceso de carga y descarga mucho más ineficiente.

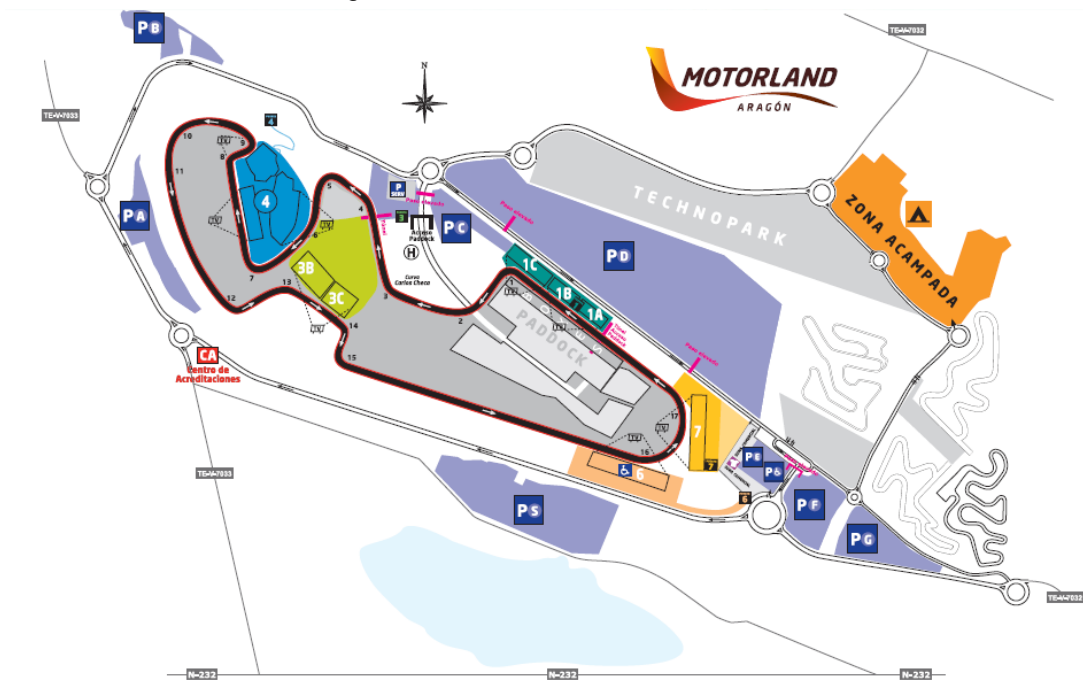
Fig. 7. Variabilidad de las cajas empleadas para el transporte



Fuente: www.autonocion.com

El domingo estos camiones entran al *pit lane* y se empiezan a entregar las cajas vacías sobre las 16:00 h (tras la finalización de la última carrera). En el proceso de entrega participan 6 carretilleros, 4 operarios y otras 10 personas de *management* dedicadas a supervisión y vigilancia. El proceso de entrega dura de 1 a 1,5 horas.

Fig. 8. Plano del circuito de Motorland



Fuente: www.solomoto.es

Una vez terminada la entrega de las cajas vacías este equipo descansa. Ahora entran en acción los diferentes equipos participantes de la carrera (como se ha mencionado, esta parte no entra dentro del alcance de este proyecto).

Es sobre las 19:00-20:00 h que terminan de llenar las cajas los equipos de Moto2™ y Moto3™. Son los primeros en finalizar, debido a la menor cantidad de material de la que disponen. A las 22:00 h Dorna dispone de todas las cajas frente a los garajes de los equipos para que comience el segundo flujo dentro del proceso de aprovisionamiento.

Antes de proceder a la carga en los camiones es necesario pesar toda la mercancía en una báscula industrial. Es una forma de repartir la carga adecuadamente entre todos los camiones, además de un método de comprobación de que se cuenta con todo el material necesario.

Ahora este material ocupa el volumen equivalente a 45 camiones en lugar de 15. Este aumento de 30 unidades viene determinado por el hecho de que en un principio muchas cajas pueden venir en el interior de otras y ahora se encuentran llenas.

En este momento Dorna cuenta con los 15 camiones que entraron el sábado al circuito, es por ello que carga estos hasta las 3:00 am. Los 30 camiones restantes los contrata para el lunes. Desde las 9:00 horas de la mañana se van cargando los restantes a razón de 2 camiones/hora. Desde la noche anterior, una vez un camión está cargado sale en dirección

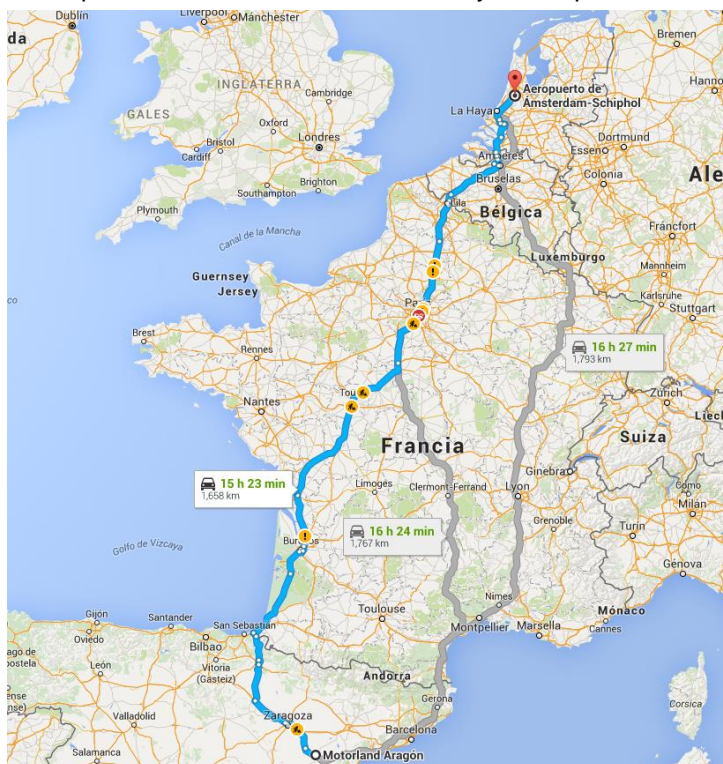
a Schiphol (Ámsterdam). De esta forma, se coordinan las actividades con el aeropuerto holandés y se ahorra tiempo.

El transporte internacional de mercancías por carretera se regula por el convenio CMR. El contrato de transporte se debe hacer constar mediante la carta de porte CMR. Esta se debe extender en 3 ejemplares originales firmados por el expedidor (Dorna) y el transportista. La firma de este documento implica diferentes obligaciones y derechos por parte de ambas partes. Por lo tanto, para el cumplimiento del marco jurídico del transporte por carretera, los camiones viajando hacia Schiphol lo hacen contando con la carta de porte CMR. [3]

5.2.2. Circuito origen (Motorland) – Schiphol (Amsterdam)

Aproximadamente a las 23 h del lunes, sale el último camión de Motorland camino a Schiphol. Es una ruta en la que los camiones emplean 2,5-3 días para completar aproximadamente 1600 km:

Fig. 9. Mapa de la distancia entre Motorland y el aeropuerto de Schiphol



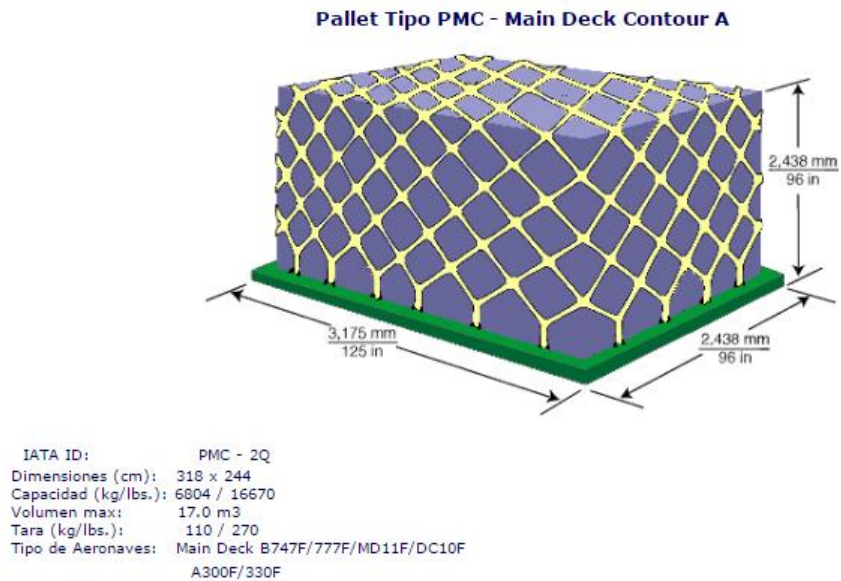
Fuente: Google Maps

Toda la carga está disponible en Schiphol el jueves. Se escoge este aeropuerto y no otro más próximo (como el de El Prat en Barcelona) porque es el tercer aeropuerto en cuanto a transporte de mercancía en Europa. Entonces muchas líneas operan desde él, siendo más

barato el vuelo chárter. De esta forma compensa el transporte en camión hasta allí.

Según los camiones van llegando, se procede a su paletización en palés aéreos PMC; por lo tanto sucede otra manipulación de la carga. Las dimensiones de estos palés son 3,17 x 2,44 m y lo conforma una plancha de aluminio de 125 kg de tara funcionando como base.

Fig. 10. Representación de un palé aéreo PMC



Fuente: <http://www.vscargo.com.ar/uld.htm>

Este proceso lo lleva a cabo el personal de *handling* del aeropuerto. Tardan unas 8 horas en paletizar y cargar cada avión. Como el primer material que fue recogido en Motorland es el de Dorna, es el primero que llega al aeropuerto:

Fig. 11. Carga de los *safety cars* en Motorland



Fig. 12. Carga de los *safety cars* en Schiphol



Fuente: MotoGP™

Para acomodar la carga de los 45 camiones se necesitan 4 aviones 747, ya sean 747-400F o 747-800F. Estos pueden dar cabida a un total de 39 palés aéreos.

Fig. 13. Carga de los palés aéreos en la bodega del avión



Fuente: Dorna

La carga de los equipos se caracteriza por ser más voluminosa que pesada, mientras que con la de Dorna sucede el caso contrario. En total, cada avión lleva un peso bruto de 490 toneladas. En el último de los 4 aviones que despegan se deja un espacio ocioso para posibles contingencias.

Se cuenta con que el sábado (1 de octubre), los 4 aviones han aterrizado en el aeropuerto Narita de Tokyo, ya que al igual que con los camiones en Motorland, van despegando según se completa su carga.

Cada uno de estos 4 aviones deberá llevar consigo el Conocimiento de Embarque Aéreo (AWL, *Air Waybill*). Es una prueba del contrato de transporte aéreo y sirve de recibo de

entrega de las mercancías. La documentación que se emite incluye tres documentos originales y nueve copias. Los originales son para el transportista (la compañía aérea), para el consignatario receptor de la mercancía y para el exportador/embarcador (Dorna). Los dos primeros deben ser firmados por el embarcador o su agente. El tercero debe ser firmado por el transportista y se entrega al embarcador cuando las mercancías han sido aceptadas para entrega, no cuando son embarcadas. Si el transporte hubiese sido contratado desde Motegi de forma integrada, es decir un transporte multimodal (terrestre y aéreo) la carta de transporte terrestre CMR podría estar reflejada dentro del AWL. Desde Dorna, cada uno de los tramos, el terrestre y el aéreo, es contratado de forma independiente por lo que se necesitan los documentos específicos de cada modo de transporte. [3]

5.2.3. Contenedores Austin – Motegi

Existen 6 contenedores marítimos FEU (*Forty Feet*) en los que se encuentran los hospitalities de 2 equipos de MotoGP™.

Estos son unidades en las que los equipos de la categoría reina llevan a cabo diversas actividades: comidas, conferencias de prensa, reuniones de equipo, etc. Conviven invitados VIP, ingenieros y pilotos en aproximadamente 150 m². Son enclaves muy visitados en los circuitos en los que el personal que trabaja allí puede servir hasta 700 comidas por gran premio. Su montaje requiere un total de 16 horas debido a que son estructuras totalmente acondicionadas para acoger a invitados a lo largo del fin de semana:

Fig. 14. Interior hospitality

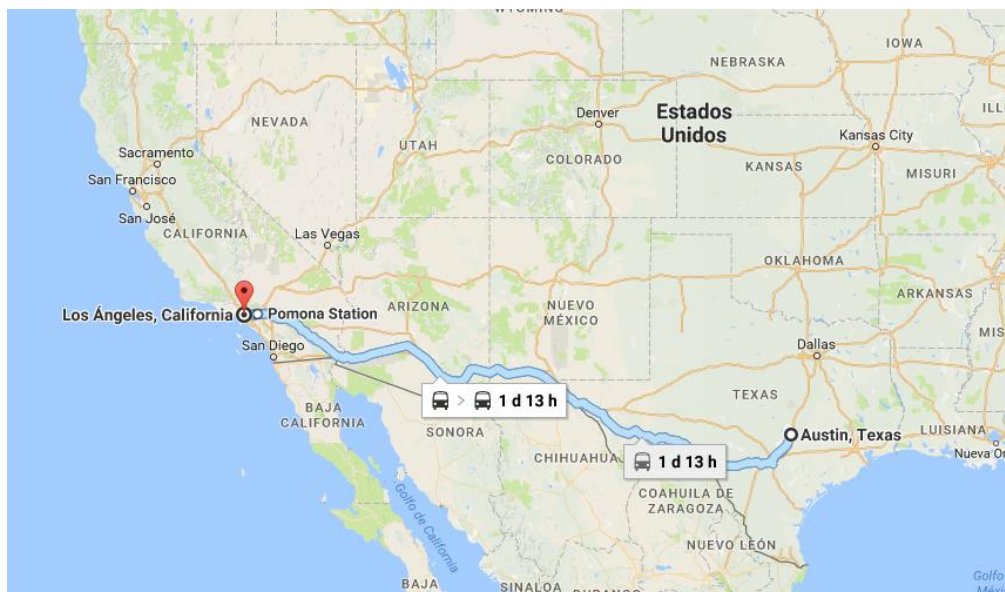


Fuente: www.arossogroup.com

Hay 3 juegos de estos 6 contenedores. Uno de ellos se encuentra en Motorland y está siempre en territorio europeo para dar servicio a los gran premios de esta zona. Este conjunto viajará hasta el Gran Premio de la Comunidad Valenciana, el siguiente europeo.

Para el Gran Premio de Motegi se utilizan los hospitalities que se encuentran en Austin (Texas). Los 6 contenedores hacen el viaje desde el circuito hasta el puerto de Los Ángeles, en California, en tren. En la semana del 15 de agosto los contenedores parten de Austin.

Fig. 15. Mapa de la distancia entre Austin y Los Ángeles



Fuente: *Google Maps*

Tras 1,5 días de travesía llegan al puerto de Los Ángeles. Una vez allí, pasados los trámites aduaneros pertinentes, se procede al embarque de los 6 contenedores hasta el puerto de Tokyo. El tiempo que los contenedores pasan en el mar, es de aproximadamente 15 días para cubrir la distancia de 9000 km entre los dos puertos.

Fig. 16. Mapa de la distancia entre Los Ángeles y Tokyo



Fuente: Google Maps

En este caso la documentación aduanera necesaria se trata de un *FIATA Bill of lading*, que es un documento expedido cuando el transporte es fundamentalmente marítimo y se incluyen trayectos terrestres adicionales. Es, de nuevo, un contrato de transporte con el cual el transitario toma responsabilidad de la mercancía y se compromete a realizar la entrega al destinatario. [3]

En el siguiente punto, distribución, se explica la recepción en Tokyo hasta el circuito de Motegi.

5.3. Distribución

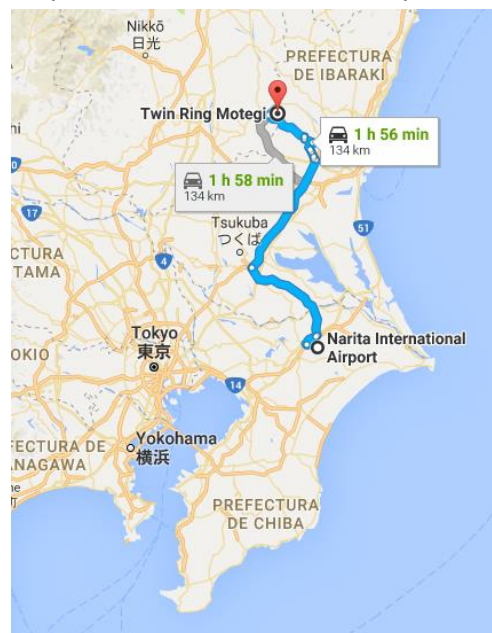
La distribución de material comprende todos los flujos que implican proveer a los equipos y a la propia Dorna con el material necesario para que se celebre el Gran Premio. Existen en este caso dos flujos dependiendo del medio utilizado para la llegada de la mercancía; el aéreo (Tokyo Narita-Motegi) y el marítimo (Puerto de Tokyo-Motegi). Estos 2 nuevos flujos se llevarán a cabo mediante transporte terrestre, por lo tanto necesitan la carta de porte CMR.

A continuación se explica en detalle cada uno de los flujos.

5.3.1. Tokyo Narita – Motegi

Según los aviones van aterrizando, se va procediendo a su descarga en el aeropuerto de Tokyo Narita. Los camiones japoneses tienen unas dimensiones más reducidas, aun así el número total que se emplea es algo menor, debido a que ahora no se despaletiza la carga y se transportan directamente los palés aéreos. Cada avión que llega requiere 10 camiones para vaciarlo. Como las salidas de los aviones de Schiphol se hacen con un intervalo mínimo de 8 horas, sólo se necesita esta flota de 10 camiones que va haciendo el recorrido Narita-Motegi (se necesitan 4 viajes de ida y vuelta):

Fig. 17. Mapa de la distancia entre el aeropuerto de Narita y Motegi



Fuente: Google Maps

La distancia que separa ambos puntos es de tan sólo 134 km, pero debido al estado de las carreteras, los camiones emplean 4 horas en completar el recorrido. Existe un tramo muy reducido de autovía, siendo la mayor parte de la ruta una carretera de doble sentido donde no está permitido adelantar.

Como se ha mencionado, el sábado 1 de octubre la carga se encuentra ya en el circuito, a falta de 16 días para que se celebre el Gran Premio. De esta forma, según los camiones van llegando a Motegi se va almacenando la mercancía.

Fig. 18. Mapa del circuito de Motegi



Fuente: campeonatomundialdemotociclismo.blogspot.com

Por otro lado, siempre hay personal de Dorna que acompaña el material, dado su alto valor económico. Así, mientras los distintos equipos no hacen acto de presencia en el circuito japonés, se produce un almacenamiento intermedio de su mercancía. Pero el material propio de Dorna ya se va instalando: el hospitality VIP, las vallas publicitarias, conexiones para la retransmisión, cámaras, material de timing etc. Para ello, además del personal propio de la compañía se contrata *staff* de *handling*.

El miércoles previo a la carrera, 12 de octubre, se trasladan todas las cajas a boxes (previa despaletización del palé aéreo por el personal de *handling*). En este momento ya se encuentran en Motegi los recursos de todos los equipos, que reciben esta mercancía (de nuevo no se describe el proceso llevado a cabo por cada uno de los equipos al no entrar en el alcance del proyecto).

El jueves, 13 de octubre, se recogen todas las cajas vacías y se trasladan a un lugar designado para carga vacía en el circuito.

5.3.2. Contenedores marítimos Puerto de Tokyo – Motegi

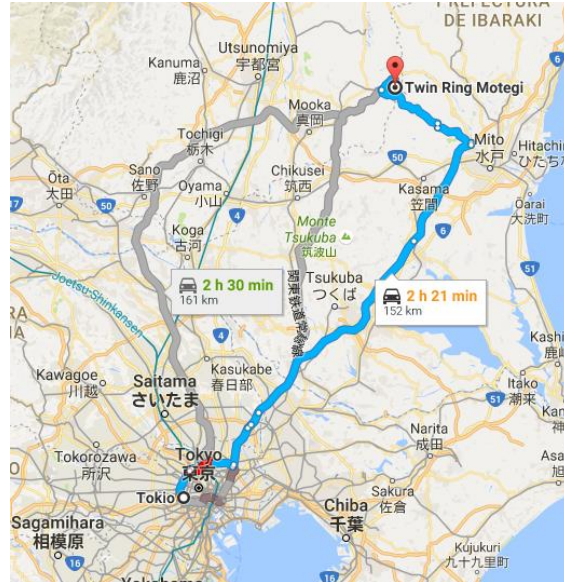
Como se ha comentado, el 20 de septiembre, los contenedores llegan al puerto de Tokyo (no pueden hacerlo después debido a una fiesta nacional, que impediría su entrada).

Tras llevar a cabo los trámites aduaneros pertinentes, cada uno de los 6 contenedores *FEU* se acopla a un camión en el mismo puerto. Una vez hecho esto, se disponen a realizar el

recorrido también hasta Motegi.

Al igual que en el caso anterior (Narita-Motegi), la carretera en su mayor parte tiene limitaciones estructurales que hacen el recorrido mucho más largo en tiempo teniendo en cuenta los km que separan ambos puntos, 152.

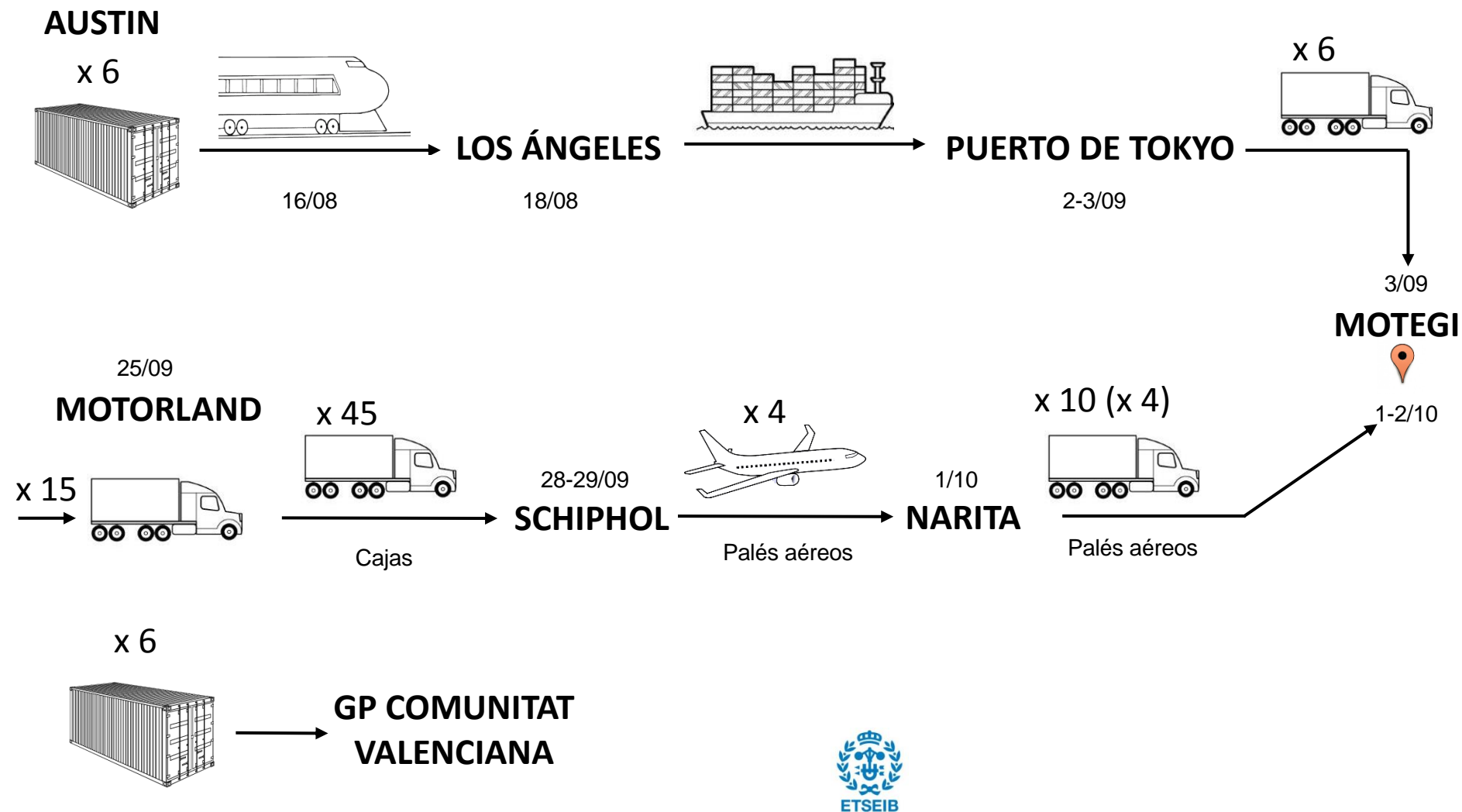
Fig. 19. Mapa de la distancia entre el puerto de Tokyo y Motegi



Fuente: Google Maps

Una vez han llegado a Motegi, al encontrarse en el circuito unos 10 días antes que el resto de la mercancía, se procede a su almacenamiento hasta el miércoles 12 de octubre. Es aquí cuando se dejan a disposición del personal de los equipos para que procedan al montaje de los *hospitalities*. Cada uno de ellos les supondrá 16 horas de trabajo para completar su estructura y mobiliario.

5.4. Representación gráfica del flujo completo



6. Puntos críticos

En el proceso logístico explicado anteriormente existen diferentes puntos que se podrían llevar a cabo de un modo diferente: más eficiente o con un menor impacto. A continuación se detallan los puntos débiles que se han detectado a lo largo del proceso.

6.1. Transporte en cajas vs. Transporte en PMC

Como se ha descrito en el punto 5.2.1 en Motorland el material para la celebración del Gran Premio es recolectado en diferentes cajas ocupando un total de 45 camiones. Tras hacer la travesía hasta el aeropuerto de Schiphol, las cajas son consolidadas en palés aéreos, PMC. Luego en el aeropuerto de Narita, como se puede apreciar en la representación gráfica anterior, son necesarios 40 camiones (contando los camiones japoneses con unas dimensiones inferiores a los europeos), por lo tanto 5 menos.

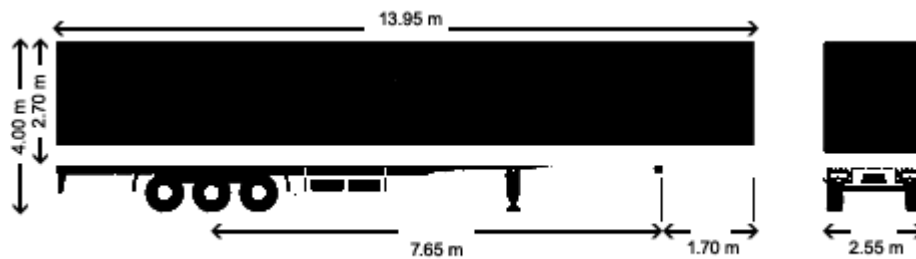
A continuación se expone una tabla donde se especifican las medidas de los camiones empleados y que de aquí en adelante serán utilizadas para los cálculos necesarios [4]:

Tabla. 2. Tabla de dimensiones de camiones europeos y japoneses

	Anchura (m)	Altura útil (m)	Longitud semirremolque (m)
Japón	2,5	2,56	8
Europa	2,55	2,7	13,95

En la tabla anterior se emplea el término “altura útil” ya que no es la altura real del tráiler, a continuación se expone una figura acotada para visualizar el concepto:

Fig. 20. Imagen acotada de camión europeo



Tras un rápido vistazo a la tabla comparativa con las dimensiones de los distintos países se observa que existe una notable diferencia entre los metros cúbicos que puede albergar un tráiler europeo y uno japonés:

$$m^3 = ancho \times alto \times largo$$

$$m^3 \text{ tráiler japonés} = 2,5 \times 2,56 \times 8 = 51,2 m^3$$

$$m^3 \text{ tráiler europeo} = 2,55 \times 2,7 \times 13,95 = 96 m^3$$

Como se puede observar a partir de los cálculos anteriores, la diferencia de cubicaje es notable, aproximadamente 45 m³ por tráiler. Aun así, son necesarios 5 tráilers menos en el aeropuerto de Narita. Se concluye, por lo tanto que con el palé aéreo, PMC, se aprovecha de mejor manera la capacidad interna del semirremolque que con las cajas.

6.2. Falta de estandarización de las cajas

Otro punto débil, íntimamente ligado con el anteriormente expuesto, es el de la falta de estandarización de las cajas empleadas para guardar y transportar el material.

Fig. 21. Proceso de carga de las cajas



Fuente: www.motogp.com

Existen un total de 989 cajas, de las cuales las dimensiones son muy variadas. Se cuenta con 169 longitudes, 98 anchuras y 153 alturas diferentes. Las dimensiones más repetidas son 315 x 120 x 80 cm (longitud x anchura x altura).

Esta variabilidad hace el proceso logístico mucho más ineficiente. Se tarda mucho más en cargar los tráilers para aprovechar su carga al máximo.

6.3. Impacto ambiental del transporte aéreo

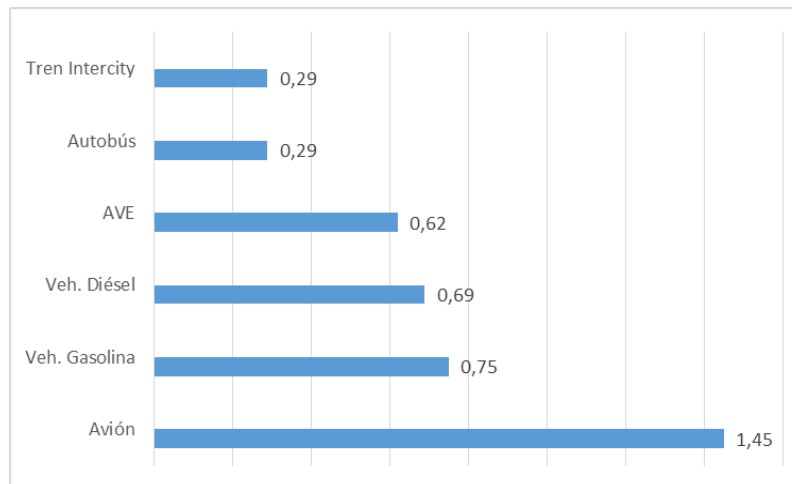
Como se ha comentado en la descripción del proceso logístico, en el flujo principal, de Motorland a Motegi se emplean 4 aviones 747 de carga para hacer el recorrido de Schiphol a Narita.

Es conocido que el transporte aéreo causa diferentes impactos en el ambiente en el que se desarrolla, a continuación se especifican algunos de ellos [5]:

- Ruido, causado mayormente por las aeronaves.
- Consumo de materias primas no renovables, principalmente queroseno. No existe un combustible alternativo viable a corto plazo.
- Contribución al calentamiento terrestre por emisión de gases de efecto invernadero.
- Uso del espacio, tanto para las infraestructuras aeroportuarias como el aéreo.

Por otro lado comparativamente con otros medios de transporte se puede observar como su consumo energético se dispara en la siguiente tabla [6]:

Tabla. 3. Tabla comparativa del consumo energético entre distintos modos de transporte



Las unidades de la tabla anterior son el consumo de energía según modos de transporte (100 % de ocupación) en megajulios de energía primaria por pasajero-km.

Por lo tanto, el transporte aéreo es el modo de transporte con mayor consumo específico de energía, consumiendo el doble de energía que el Tren de Alta Velocidad. Con una tasa de ocupación del 100 %, el ferrocarril y el autobús presentan el consumo específico más bajo.

Se ha visto el gran impacto ambiental que supone fletar 4 aviones 747 de Schiphol a Narita. Para poder ver el impacto real se ha consultado un calculador online de emisiones aéreas de CO₂ (www.naturefund.de/es/tierra/calculador_de_co2/calculador_de_co2_avion) que ha arrojado los siguientes datos:

$$Kg \text{ de } CO_2 \text{ Schiphol} - \text{Narita} = 3441 \text{ kg/avión}$$

$$Kg \text{ totales de } CO_2 \text{ Schiphol} - \text{Narita} = 3441 \text{ kg/avión} \times 4 \text{ aviones} = 13764 \text{ kg}$$

Sería necesaria la plantación de un total de 28 árboles para compensar la emisión de este gas de efecto invernadero.

7. Mejoras propuestas para los puntos críticos

Tras conocer los ámbitos en los que se registran mayores ineficiencias, se han estudiado y diseñado diferentes mejoras que podrían perfeccionar el proceso. Estas son propuestas independientemente de la viabilidad económica de las mismas, ya que el objeto del presente proyecto es estrictamente logístico.

A continuación se explica cada una de ellas con más detalle.

7.1. Propuesta para la disminución del impacto ambiental

Habiendo visto el impacto ambiental causado por la utilización de los 4 aviones de cargo para cubrir la distancia entre los aeropuertos de Schiphol y Narita parece apropiado estudiar alternativas al transporte aéreo. Se ha observado como el transporte ferroviario conlleva unas emisiones menores que sus competidores. Es entonces cuando se hace atractivo el estudio de esta alternativa.

En primer lugar es necesario conocer si a nivel de infraestructura es posible cubrir esta distancia con tren. Tras investigar esta posibilidad se encuentra una noticia que resulta interesante:

Fig. 22. Noticia relativa al recorrido ferroviario entre China y España



Fuente: *La Vanguardia*

En diciembre de 2014 se produce la llegada del primer tren a Madrid, saliendo de Yiwu (China) el 18 de noviembre y tardando un total de 21 días. A Madrid llegaron 30 contenedores de 12 metros que recorrieron un total de 13000 km, 8 países y experimentaron 3 cambios de ancho de vía.

Se ve a continuación un mapa que muestra su recorrido:

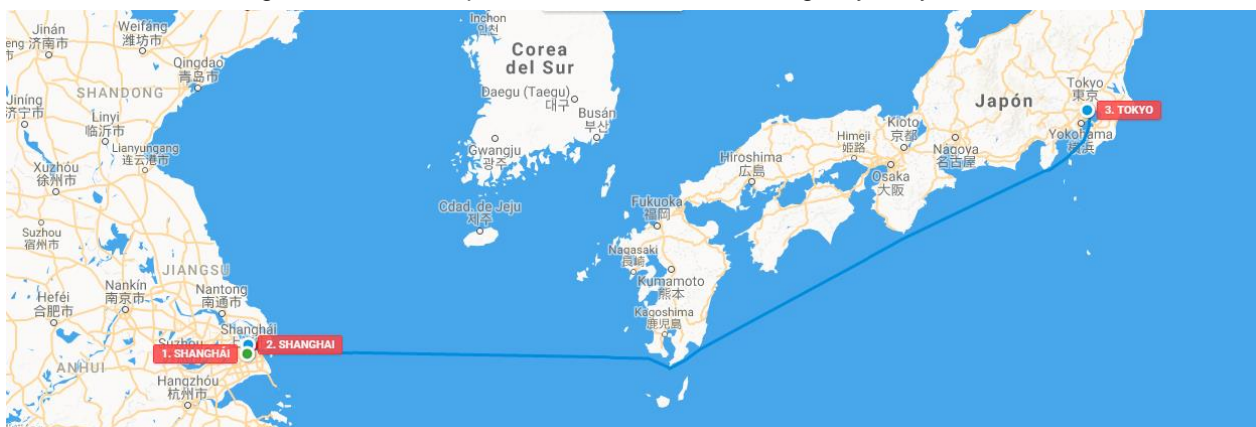
Fig. 23. Mapa del recorrido ferroviario llevado a cabo entre China y España



Fuente: *El País*

Según la ruta expuesta que sigue el tren, el posible transcurso podría darse desde Motorland directamente a Shanghai. Una vez en la ciudad china, habría que tomar un barco hasta Tokyo. Este tardaría, en tiempo de travesía, 3 días para alcanzar el puerto de Tokyo y cubriendo una distancia de 1910 km [7]:

Fig. 24. Mapa de la distancia entre Shanghai y Tokyo



Fuente: www.searates.com

El último flujo, el del puerto de Tokyo a Motegi, se mantendría por lo tanto igual. Quedando un tiempo de travesía de 24 días si no se produjese a lo largo de la misma ninguna incidencia.

De esta forma, se reducirían las emisiones a la atmósfera de manera muy notable, al ser tanto el ferrocarril como el barco medios de transporte mucho más respetuosos con el medio ambiente.

7.2. Reducción de la flota de camiones empleada utilizando palés PMC

Como se expresó en el punto 6.1 con la utilización de palés PMC, en Japón se utilizan 5 camiones menos que en el transporte de Motorland a Schiphol, aun siendo las dimensiones de sus camiones notablemente más reducidas. En conclusión, con palés PMC se aprovecha mucho mejor la capacidad interna de los camiones. A continuación se expresa la reducción que se alcanzaría empleando dichos palés aéreos:

$$\begin{aligned} \text{Capacidad transportada por los trailers japoneses} &= 51,2 \, m^3 / \text{trailer} \times 40 \text{ trailers} \\ &= 2048 \, m^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Capacidad transportada por los trailers europeos} &= 96 \, m^3 / \text{trailer} \times 45 \text{ trailers} \\ &= 4320 \, m^3 \end{aligned}$$

$$\text{Diferencia de capacidad} = 4320 \, m^3 - 2048 \, m^3 = 2272 \, m^3$$

Según se puede observar, 2272 m³ son desperdiciados al utilizar las cajas para el primer flujo de Motorland a Schiphol. Ahora se calcula la posible reducción en el número de camiones que parten del circuito aragonés:

$$\text{Nº de camiones que se reducen} = \frac{2272 \, m^3}{96 \, m^3 / \text{trailer europeo}} = 23,6 \approx \mathbf{24 \text{ trailers europeos}}$$

Entonces, se puede observar como por capacidad podrían contratarse 24 camiones menos en el circuito de origen. Si previamente a la carrera en Aragón entran 15 camiones con las cajas vacías, tan sólo serían necesarios 6 más para terminar la recogida el lunes. Así se completarían los 21 ahora necesarios (se extrae este dato fácilmente de la resta entre los inicialmente necesarios, 45, y los sobrantes, 24).

Esta mejora está enfocada a la capacidad total transportada. Entonces puede surgir la duda de que existe capacidad perdida en los camiones, al ser los palés elementos sólidos que no pueden aprovechar todo el habitáculo del tráiler. Pero en el transporte en Japón también existen pérdidas de volumen por este motivo, entonces puede asumirse el mismo espacio perdido en el transporte realizado con los vehículos europeos.

Se puede percibir como agrupando las cajas en PMC desde un principio se ahorra más de la mitad de los camiones necesarios, con el consiguiente ahorro en recursos económicos y disminuyendo el riesgo de la mercancía al producirse las manipulaciones de carga todas en el mismo lugar. También se vería disminuido el personal de *handling* contratado en el aeropuerto de Schiphol y Moteji. Finalmente, el tiempo total se vería también reducido al haber menos camiones y por lo tanto menos interacciones.

7.3. Estandarización de las cajas empleadas para el transporte del material

El proceso de carga y descarga en los camiones y aviones se vería notablemente mejorado si las cajas actuales fuesen sustituidas por un reducido número de cajas estándar.

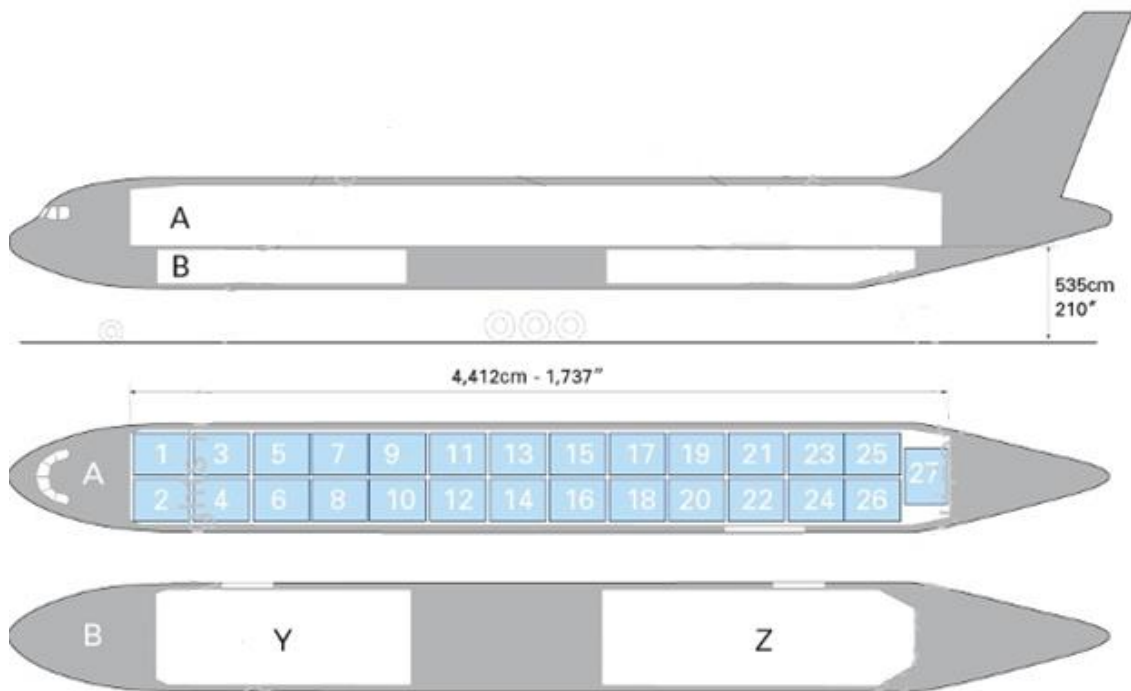
Esta propuesta, si se resolviese mediante un modelo matemático, entrañaría una dificultad fuera de las competencias y el alcance de este proyecto. Además se ha visto como en el punto anterior se han reducido más de la mitad de los camiones empleados. Es la primera vez que se aplican técnicas críticas de evaluación del proceso logístico de Dorna, por lo tanto, el primer golpe de efecto está dado. La implantación de un modelo matemático que proporcione un resultado óptimo constituye el siguiente paso al presente proyecto; formaría parte de una segunda iteración. Aun así con el cubicaje final obtenido con las nuevas cajas estándar, se hará el cálculo de la cota relajada inferior para obtener el número residual de camiones en el que se podría reducir el dado anteriormente, 21. Es por eso que se opta por una alternativa, que aún no proporcionando la solución óptima matemáticamente hablando, dará una solución intermedia. Se utilizan para esta solución herramientas de análisis de datos.

Para el correcto diseño de las nuevas cajas estándar es necesario tener en cuenta diversos factores. En primer lugar, las nuevas medidas adoptadas deben adaptarse tanto a las dimensiones del camión como a las del avión, los 2 medios de transporte empleados. Como se ha podido comprobar en el punto anterior, si las cajas fuesen acopladas en PMC desde el principio se ahorrarían numerosos camiones de inicio, es por esto que las dimensiones de estos palés aéreos pueden resultar beneficiosas a la hora de ejecutar esta mejora. Existe otra restricción importante relativa al diseño de estos nuevos contenedores, hay que transportar 105 motos. Este material es lo suficientemente importante y numeroso como para que una de las cajas estándar esté dedicada en solitario al transporte de este material. Por último se hace preciso conocer las limitaciones dimensionales de la bodega de carga del avión para acondicionar las medidas de las cajas estándar.

A continuación se expone un plano de un *Boeing 747* de carga para conocer sus

especificaciones de capacidad interna:

Fig. 25. Plano de las distintas bodegas de un *Boeing 747*



Fuente: <http://www.aircharterservice.es/>

Como se puede observar existen 3 compartimentos, el superior (A) y el inferior (B) partido en 2 por el espacio ocupado por el tren de aterrizaje (BY y BZ). La altura máxima albergable en la bodega superior son 315 cm, mientras que en la inferior son 168 cm. En cuanto a la anchura se puede observar como en el segundo plano en planta del avión, los palés en la bodega A, son colocados de forma que su dimensión mayor se dispone longitudinalmente y la menor va contrapuesta con otro palé de la misma forma. Así se aprovecha al máximo el ancho y el largo del avión. Como se ve en la imagen, en la cubierta A se pueden llegar a depositar 27 palés PMC, los 12 restantes para completar el número total de 39 se distribuyen en la bodega BY y BZ (8 y 4 respectivamente), quedando sitio libre para carga suelta en esta última.

Ahora se hace conveniente conocer el tipo de palés PMC con los que Dorna trabaja. En la siguiente figura se señala en rojo aquellos que son utilizados en la actualidad por la compañía:

Tabla. 4. Tabla explicativa de las características de un palé PMC

Pallets. Pallets 96" x 125". Código IATA PMC/P6				
Pallet completamente de aluminio, 4 mm. de grueso, con ranuras verticales que proveen puntos de agarre. Una pieza de red en uno de los lados de 317.5 cm.				
Dimensiones:	Largo	317.5 cm	244 cm	244 cm
Tipo NCD:		317.5 cm	Ancho	244 cm
Tipo SCD:		317.5 cm	Alto	297 cm
Tipo PLD:		317.5 cm		160 cm
Tara	125 kg.			Tipo NCD: 11.5m3
Peso bruto máximo	6,800 kg.			Tipo SCD: 17.3 m3
				Tipo PLD: 20.8 m3
		Compatibilidad con aeronaves:		B747F / B747 / A340 / A330 / B777

Fuente: www.marmedsa.com

Como se ve, se utiliza una altura máxima de 244 ya que no existe ningún material que requiera un rango superior. La altura de 160 se hace interesante para ocupar al máximo las bodegas BY y BZ.

7.3.1. Cálculo de las medidas de las cajas estándar

Para el cálculo de las medidas estándar, se comienza por el factor limitante, el hecho de tener que transportar entre las 3 categorías, 105 motos.

Una moto de competición de este tipo tiene unas dimensiones de 205 cm de largo, por 64,5 cm de ancho y 113 cm de altura. Debido al alto valor de las mismas, es necesario que cuenten con una caja en la que viajen únicamente ellas. Para lograr una cierta holgura (van atadas con cintas a la caja para que no se produzcan movimientos) y una buena adaptación al PMC se ha decidido que las dimensiones de la caja estándar número 1 sean 244 x 70 x 160 cm.

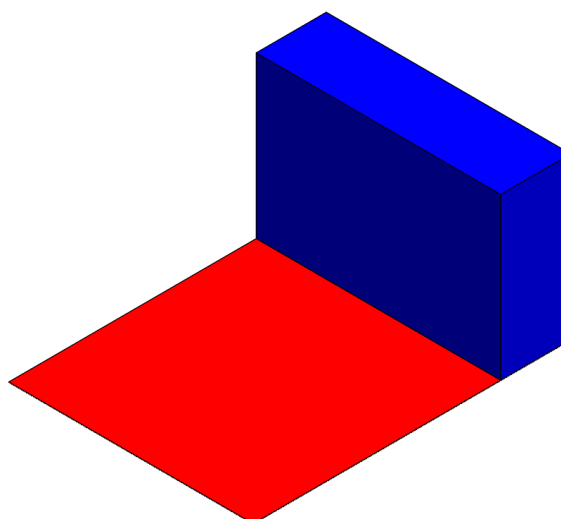
Fig. 26. Moto de competición en su caja para ser transportada



Fuente: www.motociclismo.es

A continuación se observa un plano representativo de su ocupación en el palé PMC:

Fig. 27. Plano de caja tipo 1 sobre palé PMC

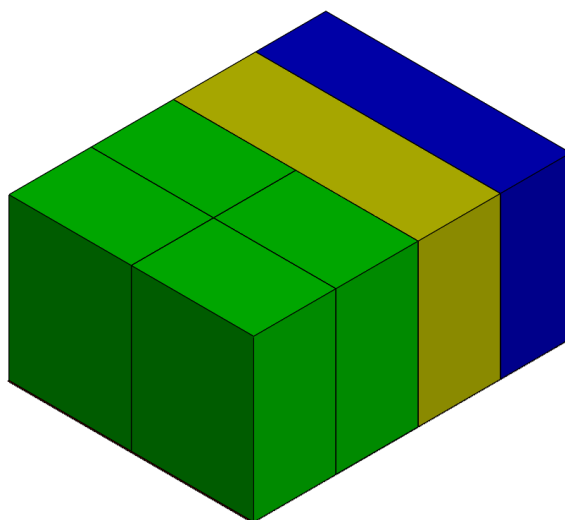


Por lo tanto, ahora en el palé quedan disponibles 247 cm longitudinalmente. Se ha

comentado con anterioridad que una de las dimensiones más repetida (llevando a cabo la moda estadística) en las cajas con las que opera Dorna, era 80 cm; por otro lado la anchura media de todas las cajas es de 82 cm. Dado el espacio remanente disponible después de colocar la caja tipo 1, en el palé caben 3 cajas de 82 cm de ancho. De esta forma quedaría tan sólo 1 cm ocioso en el palé.

Para el cálculo del largo de estas nuevas cajas de 82 cm de ancho se observa cuantas cajas de las iniciales cuentan con 122 cm o menos de largo, lo que constituye la mitad de la anchura del PMC; así se hace la distribución de las cajas dentro del mismo más modular. Tras filtrar los datos según la condición anterior se obtiene que 206 de las 989 cajas tienen un ancho menor o igual a 122 cm, esto representa aproximadamente un 21%. Según esta proporción se hace necesaria por lo tanto que otra de las cajas estándar cuente con las dimensiones de 82 cm de ancho por 122 cm de largo. Esta constituye la caja estándar número 2. No obstante, la gran mayoría (un 79% de las cajas iniciales) cuentan con una longitud superior a 122 cm, es por esto que se ha de crear la caja estándar número 3. Esta cuenta con 82 cm de anchura y 244 cm de largo. Para que quede más claro, a continuación se expresa visualmente un posible *layout* con la combinación de las 3 nuevas cajas estándar:

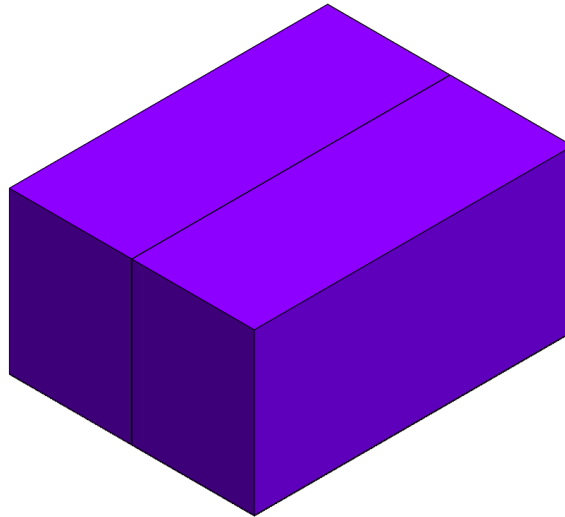
Fig. 28. Plano de caja tipo 1, 2 y 3 sobre palé PMC



Mención aparte merecen las cajas empleadas para transportar el material de la organización, Dorna. Estas cuentan con una variabilidad mucho menor en sus dimensiones comparada con las de los equipos. Con anterioridad se ha comentado que 315 cm era otra de las dimensiones más repetida, esta repetitividad viene causada por las cajas de Dorna. De nuevo esta dimensión se ajusta muy bien a los 317 cm de longitud del palé. En cuanto a

la anchura, ninguna de sus cajas sobrepasa los 122 cm, pero todas ellas rondan esta cifra. Relativo a las alturas de las cajas de Dorna, el 28% de ellas tienen una altura superior a 160 cm. Así se hace preciso crear la caja estándar número 4 con 2 variantes respecto a la altura (una de 160 cm y otra de 244 cm) con una anchura de 122 cm y un largo de 317 cm. De esta forma cabrán 2 de ellas por PMC:

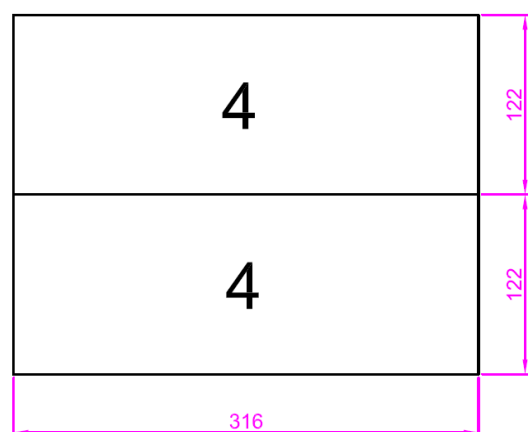
Fig. 29. Plano 2 cajas tipo 4 sobre palé PMC



7.3.2. Tipos de *layout* en los palés PMC de las cajas tipo

Existen diferentes combinaciones de las cajas tipo en los palés PMC. Como las dimensiones se han pensado de forma modular el espacio perdido resulta mínimo con cualquiera de estas combinaciones.

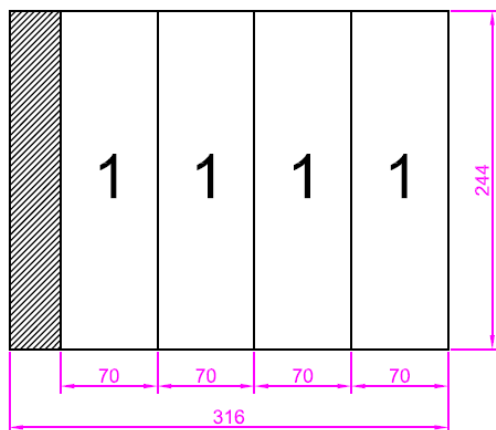
En el caso del material de Dorna sólo existe una combinación, dos cajas tipo 4 en el palé:

Fig. 30. Plano *layout* cajas 4 en palé PMC

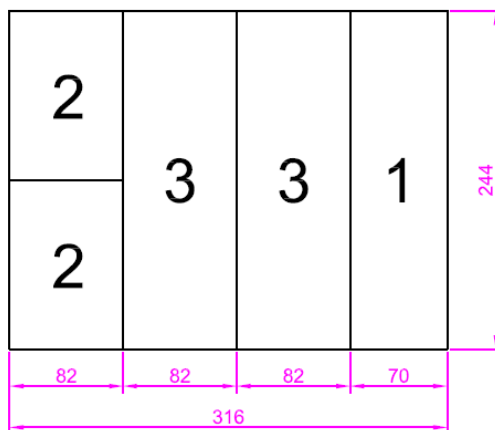
Para el resto de las cajas de los equipos existen 5 *layouts* dependiendo de las combinaciones de las cajas. A continuación se ven los planos en planta y en perspectiva de cada una de las combinaciones:

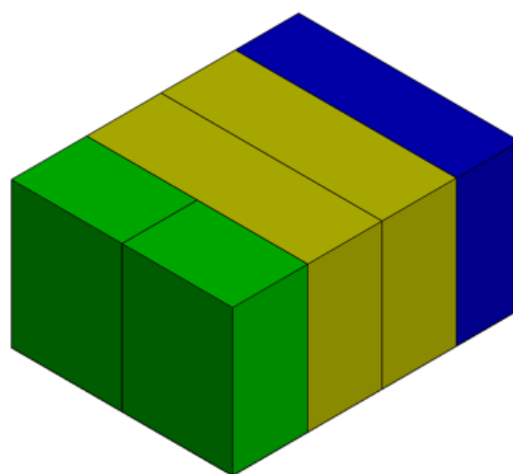
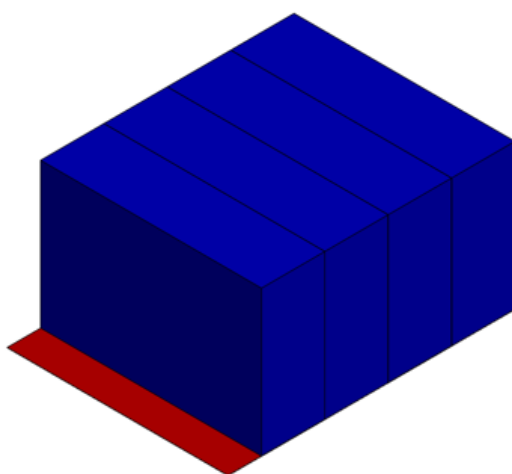
Fig. 31. Planos diferentes *layouts* posibles

A

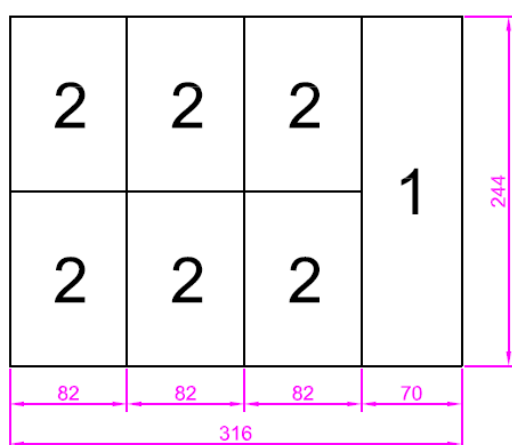


B

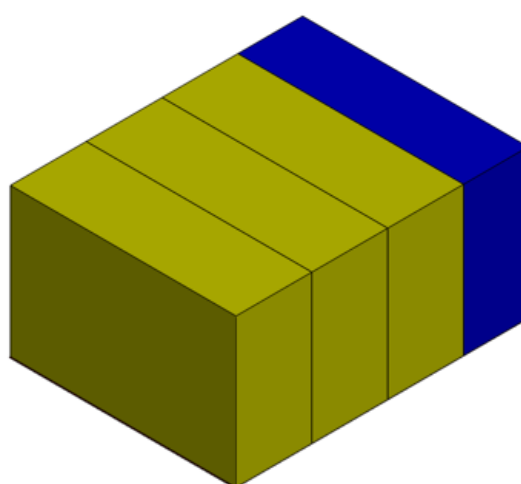
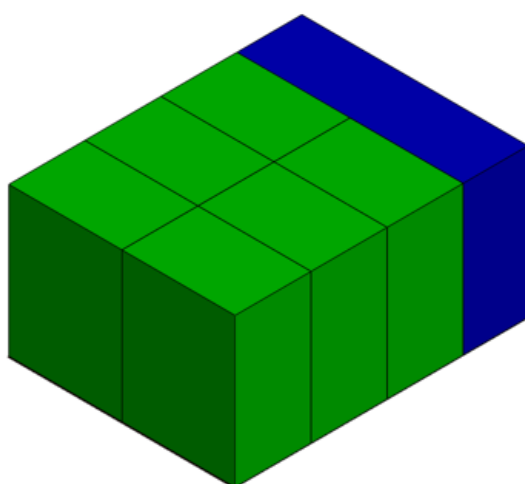
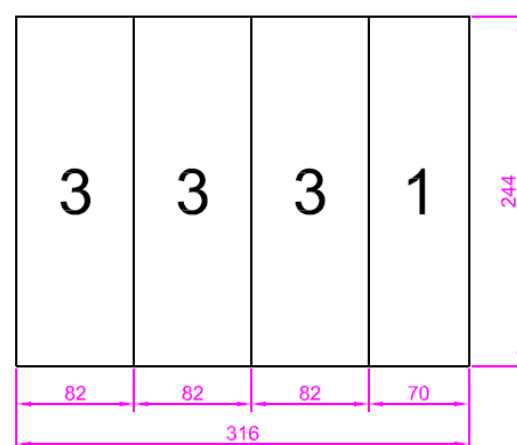




C

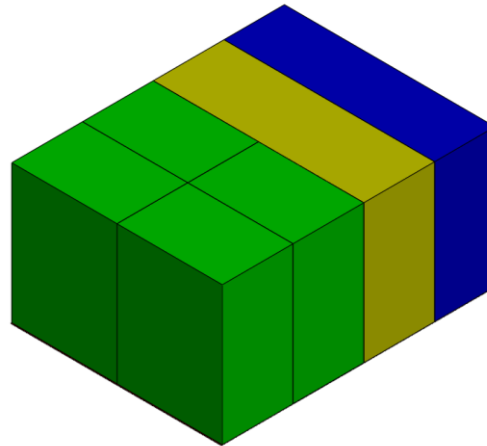


D



E

2	2	3	1	244
2	2			



7.3.3. Número de cajas de cada tipo, palés PMC y distribución en ellos

Contando que en cada avión caben 39 palés, se debe acotar el número resultante a esta restricción. En el primer avión que sale de Schiphol, como se ha comentado, viaja el material de Dorna. En este, el avión no puede viajar *full load* debido a los 2 *safety cars* y la moto de la organización. Habiendo hecho el cubicaje de las cajas empleadas en la actualidad por Dorna, resultan aproximadamente 460 m³ y según el porcentaje de alturas (28% de las cajas cuentan con una altura superior a 160 cm) 33 palés PMC cubrirían las necesidades de cajas y se dejaría espacio ocioso para los coches y la moto:

$$N^{\circ} \text{ de palés con altura } 244 \text{ cm (caja 4.1)} = 0,28 \times 33 = 9,24 \approx 10 \text{ palés}$$

$$N^{\circ} \text{ de palés con altura } 160 \text{ cm (caja 4.2)} = 33 - 10 = 23 \text{ palés}$$

Ahora se procede al cálculo de los m³ ocupados por dichos palés y el material suelto:

$$m^3 \text{ palés con caja 4.1} = 10 \text{ palés} \times \frac{317 \text{ cm} \times 244 \text{ cm} \times 244 \text{ cm}}{1 \times 10^6} \approx 189 \text{ m}^3$$

$$m^3 \text{ palés con caja 4.2} = 23 \text{ palés} \times \frac{317 \text{ cm} \times 244 \text{ cm} \times 160 \text{ cm}}{1 \times 10^6} \approx 285 \text{ m}^3$$

$$m^3 \text{ 2 safety cars} = 2 \text{ coches} \times 4,5 \text{ m} \times 1,8 \text{ m} \times 1,4 \text{ m} = 22,7 \text{ m}^3$$

$$m^3 \text{ moto de seguridad} = 2,05 \times 0,645 \times 1,13 = 1,5 \text{ m}^3$$

$$m^3 \text{ ocupados por el material de Dorna} = 189 + 285 + 22,7 + 1,5 = 498 \text{ m}^3$$

El cálculo de las cajas tipo 4.1 (altura 244 cm) y 4.2 (altura 160 cm) se hace sencillo al haber un solo *layout* posible:

$$N^{\circ} \text{ de cajas tipo 4.1} = 10 \text{ palés} \times \frac{2 \text{ cajas 4.1}}{PMC} = 20 \text{ cajas 4.1}$$

$$N^{\circ} \text{ de cajas tipo 4.2} = 23 \text{ palés} \times \frac{2 \text{ cajas 4.1}}{PMC} = 46 \text{ cajas 4.2}$$

A la vista de los datos obtenidos, se observa que los metros cúbicos ocupados difieren en poca cantidad de los que actualmente Dorna precisa. Sin embargo, el número de cajas descende notablemente, de las 121 iniciales con esta propuesta de cajas estándar tendría 66 (algo menos de la mitad).

Una vez distribuido el material con las nuevas cajas estándar en el primer avión, quedan aún 3 aviones para transportar el material de los equipos, esto implica 117 palés (a razón de 39 por cada uno de ellos). Como se ha mencionado existen 105 motos de competición a transportar, entonces se debe plantear una elección adecuada entre los *layouts* descritos anteriormente. En la distribución tipo A, el palé va con 4 motos y existen unos cm desperdiciados. Debido a este espacio desperdiciado y por razones de seguridad (si existe algún fallo en la manipulación de este palé resultarían dañadas 4 motos) este *layout* resulta descartado. Por lo tanto, con referencia a este material, se podrá utilizar cualquiera de las otras 4 distribuciones. De esta manera existirán 117 cajas estándar tipo 1 (1 por palé que viaja en estos 3 aviones).

Para la elección del *layout* más adecuado (con el descarte ya hecho del tipo A por las condiciones de las motos), se procede al análisis de la distribución de las cajas estándar número 2 por contar con unas dimensiones menores. En el *layout* tipo C, 6 cajas tipo 2 viajan con una moto, parece entonces adecuado por razones de manipulación intentar agrupar al máximo las cajas número 2. Mediante los siguientes cálculos se diseña su distribución:

$$N^{\circ} \text{ de palés tipo C} = \frac{206 \text{ cajas convertibles a tipo 2}}{\frac{6 \text{ cajas tipo 2}}{PMC "C"}} = 34,3 \text{ palés tipo C}$$

Al no obtener un número entero como resultado, se ha de tomar una decisión respecto al palé 35 que queda incompleto. Se observa como aproximadamente 2/3 de la capacidad del palé C de cajas tipo 2 del palé 35 estaría desaprovechada, ya que viajaría 1 caja tipo 1 y 2 tipo 2. Entonces lo más eficiente es utilizar 34 palés tipo C y 1 tipo B (aprovechando así para llenarlo con 2 cajas tipo 3).

Ahora hay que ver si existen variantes de altura en estos 35 palés C y B. De las 206 cajas tipo 2, tan solo 6 tienen una altura superior a 160 cm. Así 1 palé tipo C tendrá dimensiones de 317 x 244 x 244 cm, mientras que el resto (33 de los tipo C y el tipo B) tendrán dimensiones de 317 x 244 x 160 cm.

Una vez colocadas todas las cajas tipo 2 en las distintas configuraciones quedan las cajas tipo 3. De los 117 palés de los que se dispone en los 3 aviones, ahora se podría contar con hasta 82 (de la operación 117 menos los 35 calculados anteriormente). Para ver cuántos de estos 82 son realmente necesarios, se puede hacer una comprobación acerca de los m³ que albergan los 35 palés anteriores y compararlos con los m³ totales necesarios para llevar la mercancía:

$$m^3 \text{ del palé C. 1} = 3,17m \times 2,44m \times 2,44m = 18,9 m^3$$

$$m^3 \text{ del palé C. 2} = 33 \text{ palés} \times 3,17m \times 2,44m \times 1,6m = 408,4 m^3$$

$$m^3 \text{ del palé B} = 3,17m \times 2,44m \times 1,6m = 12,4 m^3$$

$$m^3 \text{ ocupados por los 35 palés} = 18,9 + 408,4 + 12,4 = 439,7 m^3$$

En la actualidad Dorna, sin tener en cuenta su propio material, emplea unos 1560 m³. Si a esta cantidad le restamos la anteriormente obtenida quedan unos 1115 m³ a los que asignar caja y palé.

Tanto las cajas 1 como la 2 están asignadas, queda la caja tipo 3. De las cajas iniciales restantes un 20% cuenta con una altura superior a los 160 cm. Ahora se puede calcular cuántos palés de cada una de las alturas son necesarios para cubrir los metros cúbicos restantes:

$$(0,2 \times 317 \times 244 \times 244) \times x + (0,8 \times 317 \times 244 \times 160) \times x = 1115$$

$$13,67 \times x = 1115$$

$$x = 81,57 \approx 82 \text{ palés}$$

Tras esta comprobación se observa como son necesarios todos los palés remanentes para transportar el material. Las cajas tipo 3 irán por lo tanto con el *layout* D, al no haber más cajas tipo 2. De estos 82 palés tipo D calculamos con el porcentaje anteriormente dicho, su distribución por alturas:

$$N^{\circ} \text{ de pales tipo D.1 (altura 244 cm)} = 82 \text{ palés} \times 0,2 = 16,4 \approx 17 \text{ palés}$$

$$N^{\circ} \text{ de pales tipo D.2 (altura 160 cm)} = 82 - 17 = 65 \text{ palés}$$

7.3.4. Tabla resumen de número de cajas y palé PMC de cada tipo

De forma que se obtenga una visión de conjunto de todos los cálculos realizados, se adjuntan las siguientes tablas.

En la primera se observa el material de DORNA:

Tabla. 5. Tabla resumen de palés y cajas Dorna

DORNA	
PALÉS PMC	CAJAS TOTALES EN LOS PALÉS
10 palés tipo Dorna (altura 244 cm)	20 cajas 4.1 (altura 244 cm)
23 palés tipo Dorna (altura 160 cm)	46 cajas 4.2 (altura 160 cm)
TOTAL= 33 Palés tipo Dorna	TOTAL= 66 cajas

A este material hay que sumarle la carga suelta de los *safety cars* y la moto de seguridad.

Ahora se expone la tabla resumen del material del resto de los equipos:

Tabla. 6. Tabla resumen de palés y cajas equipos

EQUIPOS DE MotoGP™			
PALÉS PMC		CAJAS TOTALES EN LOS PALÉS	
33 palés tipo C (altura 160 cm)		33 cajas tipo 1.2 (altura 160 cm) 198 tipo 2.2 (altura 160 cm)	
1 palé tipo C (altura 244 cm)		1 caja tipo 1.1 (altura 244 cm) 6 cajas tipo 2.1 (altura 244 cm)	
1 palé tipo B (altura 160 cm)		1 caja tipo 1.2 (altura 160 cm) 2 cajas tipo 2.2 (altura 160 cm) 2 cajas tipo 3.2 (altura 160 cm)	
17 palés tipo D (altura 244 cm)		17 cajas tipo 1.1 (altura 244 cm) 51 cajas tipo 3.1 (altura 244 cm)	
65 palés tipo D (altura 160 cm)		65 cajas tipo 1.2 (altura 160 cm) 198 cajas tipo 3.2 (altura 160 cm)	
TOTAL PALÉS	34 PALÉS TIPO C 1 PALÉ TIPO B 82 PALÉS TIPO D	TOTAL CAJAS	99 CAJAS 1.2 200 CAJAS 2.2 18 CAJAS 1.1 6 CAJAS 2.1 53 CAJAS 3.1 198 CAJAS 3.2

A la vista de los datos obtenidos, si se realiza la suma del total de las cajas (Dorna y equipos), se obtiene un total de 640 cajas frente a las 989 iniciales con las que Dorna está operando para transportar su material y el de los equipos.

7.3.5. Cálculo de la cota relajada

Mediante el cálculo de la cota relajada, como ha sido mencionado, se obtiene el número mínimo de camiones con el que Dorna podría contar para transportar las cajas anteriormente descritas. Por lo tanto, este resultado muestra el número que un modelo de optimización matemático arrojaría al modelizar este problema.

Para llevar a cabo este cálculo es necesario ubicar el número total de palés empleados (tabla resumen anterior) y dividirlo por la capacidad unitaria de un camión europeo (96 m^3). Tras realizar este cálculo se obtiene una cifra que sobrepasa los 20 camiones, así se hace necesario el redondeo al alza, obteniendo la cifra de 21 camiones.

De esta forma se obtiene que la solución dada anteriormente es óptima aun no habiendo realizado un modelo matemático, por lo tanto, no será necesaria una segunda iteración posterior a este proyecto por parte de Dorna.

8. Viabilidad de las mejoras propuestas

Las mejoras anteriormente propuestas para mejorar el proceso logístico tienen únicamente en cuenta aspectos logísticos, pero existen factores externos que podrían condicionarlas, o incluso dar lugar a la imposibilidad de su ejecución.

A continuación se analizará la viabilidad de cada una de ellas.

8.1. Viabilidad de la utilización del ferrocarril para el transporte del material

El uso del ferrocarril para que el material vaya directamente desde Motorland hasta Shanghai es una propuesta muy beneficiosa para el medioambiente, además de ser un medio más barato que el aéreo.

Sin embargo, esta solución presenta diferentes problemas que deben ser tenidos en cuenta. El primero que salta a la vista es el del tiempo que debe ser empleado para cubrir la travesía. Como se ha descrito con anterioridad, únicamente el trayecto en tren supondría 21 días, siendo este el intervalo de tiempo que hay entre los dos Gran Premios (del 25 de septiembre hasta el 16 de octubre). Además el material tiene que estar presente en el circuito como mínimo una semana antes de la celebración del Gran Premio. A estos 21 días habría que añadir por lo menos 3 más de navegación hasta Tokyo y el transporte final hasta Motegi.

Existen otros inconvenientes que también afectan a esta opción, como por ejemplo la seguridad. Hay que tener en cuenta que el material atravesaría múltiples países, habría que llevar a cabo 3 cambios de vía, varias manipulaciones de los contenedores, etc. Además, dado el altísimo valor de la mercancía el tren podría ser objetivo de emboscadas que expondrían la mercancía a ser sustraída. De todas formas, se puede afirmar que existe una viabilidad latente de la propuesta si las conexiones ferroviarias entre ambos continentes mejoran con el paso de los años.

Desde Dorna no existe posibilidad de fallo en cuanto a la entrega de la mercancía, por lo tanto, aun siendo una alternativa logísticamente muy interesante a efectos prácticos, en la actualidad es inviable por las características geográficas de los dos Gran Premios. En combinaciones de pruebas más próximas es una oportunidad que puede explorarse, teniendo en cuenta que deben garantizarse unos niveles máximos de seguridad para el material transportado.

8.2. Viabilidad de la utilización de palés PMC en el circuito de origen

Como se ha podido comprobar en el punto 7.2, utilizando palés PMC desde un principio se evita la contratación de 24 camiones en Motorland. Logísticamente sería muy interesante que esta opción se pudiese llevar a cabo, sin embargo existe un condicionante que hace difícil su puesta en marcha.

Los palés PMC son, por lo general, propiedad de la compañía aérea. De esta forma, Dorna contrata los vuelos chárter con las compañías de manera que los palés van incluidos en el precio del paquete.

Una posibilidad es que Dorna se plantee la adquisición o alquiler de los mismos. Habría que tener en cuenta todos los agentes implicados a la hora de plantear esta inversión: el coste de la adquisición o alquiler, el ahorro en la cantidad de tráilers contratados, el coste del almacenamiento intermedio de los palés durante la temporada europea del campeonato, el ahorro en el coste imputado por parte de las aerolíneas al no incluir el servicio de los palés, etc. Dado el carácter académico del presente proyecto, Dorna, por confidencialidad, no puede facilitar datos relativos al coste que las aerolíneas imponen por este servicio, aún así se pueden elaborar indicadores con datos ficticios que permitan visualizar aspectos de la inversión. De esta forma Dorna simplemente tendrá que sustituir los datos ficticios por los suyos reales, una vez haga este análisis.

Un indicador interesante para explorar la viabilidad de esta propuesta es el cálculo del PM (punto muerto), es el punto en el que los costes se igualan a los beneficios:

$$\textbf{Punto Muerto: Costes incurridos} = \textbf{Beneficios obtenidos}$$

Para los siguientes cálculos se va a considerar que Dorna adquiere los palés:

$$\textbf{Costes incurridos} = \textbf{Coste de la Compra} + \textbf{Coste de Almacenamiento}$$

$$\textbf{Beneficios obtenidos}$$

$$= \textbf{Ahorro por menor nº de trailers}$$

$$+ \textbf{Ahorro en la contratación del vuelo charter}$$

Para el cálculo de los costes en los que se incurre hay que estimar un valor unitario para los palés PMC y el almacenamiento de los mismos:

$$\begin{aligned}\text{€/PMC} &= 125 \text{ €/aluminio/PMC} + 75 \text{ €/estructura/PMC} + 150 \text{ €/mano de obra/PMC} \\ &= 350 \text{ €/PMC}\end{aligned}$$

$$\text{Coste de la compra} = 350 \text{ €/PMC} \times 39 \text{ PMC/avión} \times 4 \text{ aviones} = 54600 \text{ €}$$

Para una correcta imputación de los costes se considera que el horizonte temporal durante el cual se utilizan los PMC comprados son 4 años y que su valor residual al final de su vida útil es despreciable. Por lo tanto, su amortización anual es:

$$\text{Amortización anual de los palés} = \frac{54600 \text{ €}}{4 \text{ años}} = 13650 \text{ €/año}$$

Ahora se procede al cálculo de los costes de almacenaje:

$$5 \text{ €/m}^2 \text{ almacenaje}$$

$$\text{m}^2 \text{ PMC} = 3,715 \times 2,438 = 9 \text{ m}^2 / \text{PMC}$$

Coste de Almacenamiento anual

$$\begin{aligned}&= 5 \text{ €/m}^2 \text{ mes almacenaje} \times 12 \text{ meses almacenaje} \times 9 \text{ m}^2 / \text{PMC} \\ &\times 39 \text{ PMC/avión} \times 4 \text{ aviones} = 84240 \text{ €}\end{aligned}$$

Se han estimado 350 € para el PMC (debido a que son aproximadamente 120 kg de aluminio) y 5 € por metro cuadrado por mes ocupado en un almacén de un operador logístico. Por lo tanto el total de los costes incurridos anualmente es:

$$\text{Costes incurridos} = 13650 + 84240 = 97890 \text{ €}$$

Por lo tanto, el total de ahorros debería ser mayor a los costes en los que se incurre para que la inversión sea rentable:

$$\text{Ahorro por menor n}^{\circ} \text{ de trailers} + \text{Ahorro contratación vuelo} > 97890 \text{ €}$$

Se puede llevar a cabo una estimación del ahorro debido a la contratación del menor número de tráilers. Consultando distintas fuentes, se acuerda que cada camión realizando la ruta desde Motorland hasta Schiphol puede suponer unos 2000 €. De esta forma los ahorros podrían rondar la siguiente cifra:

$$\text{Ahorro por menor n}^{\circ} \text{ de trailers} = 24 \text{ camiones} \times 2000\text{€} / \text{camión} = 48000 \text{ €}$$

Se puede observar que sólo en la flota de camiones ahorrada entre los dos enclaves se compensa casi la mitad de la inversión anual. Este dato debe ser tratado con cautela, ya que las tarifas ofrecidas por los operadores logísticos pueden variar dependiendo del volumen contratado. Lo que sí que está claro, es que se va a obtener un ahorro por esta acción.

A la vista del resultado anterior no parece una inversión demasiado alta. Se ha sido conservador a la hora de realizar los cálculos, ya que se ha considerado que los aviones van *full load* con 39 PMC cada uno de ellos, lo que no es así debido a los *safety cars* y otros materiales que no necesitan este tipo de palé. Por otro lado, también se ha sobredimensionado el tiempo de almacenamiento, se ha contado con que están almacenados todo el año. Mientras la competición dura, 9 meses, hay varios días por Gran Premio que estarán fuera del almacén (siempre que el Gran Premio requiera transporte aéreo) y que por consiguiente no ocuparán espacio en el almacén. Aun así, se requerirían esfuerzos por parte del departamento de operaciones para encontrar un operador logístico que pudiese ofrecer servicios de almacenamiento a nivel mundial, ya que dependiendo de la localización del Gran Premio, los palés deben estar depositados cerca del circuito emisor de la mercancía.

El coste final total, por lo tanto, podría ser incluso algo menor que el que se ha calculado. Ahora Dorna puede emplear sus datos y compararlos con los ahorros obtenidos para poder evaluar la viabilidad económica de esta propuesta.

No se ha tenido en cuenta que, por otro lado, con esta medida (utilizando PMC desde el origen) se produce un beneficio medioambiental considerable, teniendo en cuenta la reducción en más de la mitad de la flota de camiones necesaria para llevar a cabo el transporte del material. Se mencionó con anterioridad la distancia existente entre Motorland y el aeropuerto de Schiphol, 1600 km. Por lo tanto es sencillo el cálculo en cuanto al kilometraje ahorrado:

$$1600 \text{ km} \times 24 \text{ camiones ahorrados} = 38400 \text{ km ahorrados}$$

Adicionalmente, esto, también implica una descongestión del tráfico rodado. El transporte de mercancías por carretera es el causante de buena parte de la congestión en las vías europeas.

Ahora, empleando el mismo calculador de emisiones que en el punto 6.3, se pueden calcular la reducción en los kg de CO₂ emitidos a la atmósfera. Estimando que los camiones consumen unos 40l/100 km¹, se introducen estos datos en el calculador y se obtiene la siguiente información:

$$\text{kg de CO}_2 \text{ Motorland} - \text{Schiphol} = 1485 \text{ kg de CO}_2$$

$$\begin{aligned} \text{kg totales de CO}_2 \text{ Motorland} - \text{Schiphol} &= 1485 \text{ kg de CO}_2 \times 24 \text{ camiones} \\ &= 35640 \text{ kg de CO}_2 \end{aligned}$$

Como se puede observar, es una cantidad reseñable la que dejaría de emitirse en el caso en el que Dorna aplicase esta propuesta.

Cada vez con mayor frecuencia, las compañías son conscientes del impacto social causado por una visión de marca por parte de los consumidores como empresa *ecofriendly*. De alguna forma Dorna podría presentar estas medidas, ya no sólo como una mejora de los flujos en su cadena de suministro, sino también como un ejercicio de concienciación con el medio ambiente.

8.3. Viabilidad de la estandarización de las cajas empleadas para el transporte del material de Dorna y los equipos

Según se ha visto a lo largo del punto 7.3 se ha conseguido disminuir de una manera muy notable la variabilidad en las cajas empleadas por Dorna, llegando a únicamente 4 cajas tipo (con 2 variantes respecto a la altura). Además se ha reducido de forma también muy destacada el número total de cajas empleado. En concreto, la reducción es de más de un 35%; de las 989 iniciales a las 640 estándar finalmente obtenidas.

Al conseguir estas reducciones tanto en variabilidad como en número, las manipulaciones

¹ Dato contrastado con expertos del sector del transporte

llevadas a cabo por el personal de *handling* se ven altamente simplificadas. Los carretilleros emplearán una cantidad de tiempo menor al llevar a cabo el reparto y la recogida de las cajas. Asimismo el tiempo que emplea el personal de Schiphol en paletizar las cajas (ahora si se aplica la mejora en la que las cajas van en PMC desde Motorland, este proceso lo llevará a cabo el personal del circuito aragonés) se verá también reducido al ser las cajas modulares y saber exactamente como se reparten cada una de ellas en los diferentes *layouts* de los palés.

Aun así, existen puntos que pueden entorpecer la puesta en marcha de esta mejora. Uno de ellos puede ser la reticencia por parte de los equipos para cambiar sus hábitos, al estar acostumbrados a trabajar con las cajas antiguas y al tener sus flujos de trabajo de alguna manera preestablecidos. Otro punto a tener en cuenta es el del precio de fabricación de estas nuevas cajas y la posible dificultad de obtener algún tipo de compensación económica por las cajas antiguas.

9. Presupuesto de realización del proyecto

Al ser este proyecto de carácter académico, constituyendo el Trabajo fin de Máster, no se considera ninguna retribución por parte de la empresa Dorna. Aun así debe realizarse una estimación de los recursos invertidos en su realización, ya sean humanos o económicos.

En primer lugar se deben identificar los diferentes costes que se asocian a la elaboración del proyecto. Se ha hecho la siguiente distribución: costes de personal, coste de operaciones, coste de material y administrativo y costes indirectos.

A continuación se expresa en una tabla los costes de personal:

Tabla. 7. Tabla presupuesto coste personal

	Tiempo (meses)	Horas/semana	Tiempo total (horas)	Precio unitario (€/h)	Total (€)
Personal (yo)	6	12	288	50,00	14.400,00
Tutor	6				300,00
TOTAL COSTE PERSONAL					14.700,00 €

Seguidamente se expresan los costes de operaciones asociados a este proyecto. Como se ha comentado, Dorna se encuentra en Sant Just Desvern, Barcelona, y fue necesaria una visita a sus instalaciones. De todas formas el contacto vía email con el director de logística ha sido continuo:

Tabla. 8. Tabla presupuesto coste de operaciones

	Precio unitario (€/U)	Unidades	Total (€)
Desplazamientos en coche			
Barcelona centro – Dorna Sports (Sant Just Desvern)	5	1 viaje (ida y vuelta)	10,00
Dietas	15	1	15,00

TOTAL COSTE OPERACIONES	25,00 €
--------------------------------	----------------

Ahora se expresan los costes de material y administrativos. Este coste, al igual que el anterior es bastante bajo. Para la realización del proyecto se emplea un ordenador portátil del cual se tendrá en cuenta su amortización:

Tabla. 9. Tabla presupuesto coste de material y administrativo

	Tiempo (meses)	Precio unitario (€/U)	Periodicidad	Total (€)
Amortización de equipos	6	50,00 €	mensual	300,00
Material de oficina	6	15,00	-	15,00
TOTAL COSTE DE MATERIAL Y ADMINISTRATIVO				315,00

Por último se describen los costes indirectos en los que se ha incurrido:

Tabla. 10. Tabla presupuesto costes administrativos

	Tiempo (meses)	Precio unitario (€/U)	Periodicidad	%	Total (€)
Teléfono	6	25,00 €	mensual	0,04	6,00
Internet	6	30,00 €	mensual	0,2	36,00
TOTAL COSTES INDIRECTOS					42,00

Finalmente se lleva a cabo la suma total del coste del proyecto:

Tabla. 11. Tabla total presupuesto

	Total (€)
COSTES DE PERSONAL	14.700,00 €
COSTE DE OPERACIONES	25,00 €

COSTE DE MATERIAL Y ADMINISTRATIVO	315,00 €
COSTES INDIRECTOS	42,00 €
TOTAL COSTE PROYECTO	15.082,00 €

Así, se ha estimado que el presupuesto total del proyecto son 15.082 €.

Conclusiones

Como se ha demostrado en este proyecto, la logística va mucho más allá del ámbito industrial y se presenta en múltiples escenarios, en este caso el estudio se ha centrado en el ámbito deportivo. Para que este espectáculo pueda ser celebrado en el circuito y además llegar a ser retransmitido mundialmente, existen muchos factores que ante el espectador son invisibles, pero que lo hacen posible. Sin duda alguna, el factor logístico es uno de ellos.

Dorna Sports cuenta con un departamento dedicado en exclusiva a la logística, pero el hecho de estar inmersos en las actividades constantes del día a día no les ha permitido evaluar críticamente su proceso. Muchas empresas, en donde la cadena de suministro juega un papel importante, no le prestan la suficiente atención; incluso, en momentos donde su salud económica no pasa por un buen momento, suele ser el primer lugar de donde se quitan recursos. Dorna es consciente del papel que la logística juega en su *workflow* para que la celebración de los Gran Premios pueda llevarse a cabo. De esta forma este proyecto constituye el primer paso para la incorporación sistemática de la perspectiva crítica del proceso logístico llevado a cabo.

Por otro lado se han logrado los objetivos marcados en el apartado 3.1 y se han llegado a las siguientes conclusiones:

- El caso logístico de Dorna es el de muchas otras empresas que han ido adaptando el material necesario, en este caso las cajas, según la demanda interna iba creciendo. Así se ha crecido de forma desordenada, obteniendo un material con una variabilidad que desemboca en ineficiencias notables. Al no ser la logística parte de su *core*, han ido conviviendo con esta situación, ya que, a pesar de las ineficiencias, les permitía cumplir con el calendario de las diferentes pruebas.
- Se ha visto como, tras el pormenorizado análisis de los movimientos entre los dos Gran Premios, han podido proponerse mejoras al proceso. La puesta en marcha de una de ellas, el transporte en ferrocarril de la mercancía, depende de factores externos a Dorna, como son el desarrollo de las infraestructuras implicadas. Sin embargo, las otras dos propuestas son perfectamente aplicables directamente por Dorna. Se han demostrado cuantitativamente los resultados que se obtendrían con su implantación: reducción de un 53% la flota de camiones, reducción de un 35% el número de cajas totales, menor número de manipulaciones, etc. Para alcanzar estos datos, Dorna tendrá que hacer inversiones en el momento que desee llevar a cabo la implantación, pero se ha mostrado que los retornos serían compensatorios

en el corto y medio plazo.

- Las propuestas hechas como mejoras del proceso logístico desembocan en un menor número de días necesario para que la mercancía llegue a Motegi. Es cierto que el espacio temporal entre los dos Gran Premios tratados es amplio, 21 días, por lo tanto, estas reducciones en el tiempo total empleado no constituyen una necesidad. Pero, por otro lado, estas mejoras son extrapolables al resto de las combinaciones de carreras. Así, para pruebas que se celebren de forma consecutiva, su aplicación puede ser muy interesante.
- Estas mejoras suponen un importante ahorro en recursos físicos empleados (tanto humanos como materiales), ya que, en la actualidad existe un sobredimensionamiento causado por el crecimiento acelerado sin análisis crítico.
- El ahorro material mencionado en el punto anterior viene dado entre otros por la disminución que se conseguiría en la flota de camiones empleada. Este, además de un provecho económico, constituye un beneficio medioambiental considerable. En la actualidad, las empresas aún no cuentan con una concienciación ecológica suficiente; en la mayoría de casos llevan a cabo medidas respetuosas con el medioambiente cuando son requeridas por diferentes legislaciones. Es el momento de que Dorna incorpore en su manera de trabajar el distintivo verde.

Agradecimientos

Me gustaría agradecer al departamento de Operaciones de Dorna su disponibilidad a la hora de ofrecer información y su voluntad e interés para que este proyecto saliese adelante, muy especialmente a su director logístico, Robert Berenguer.

También a mi tutor Xavier Gavalrà, por su visión práctica y realista de la temática de la que versa el trabajo.

Finalmente a mi familia y amigos por su apoyo en todo momento.

Bibliografía

Referencias bibliográficas

- [1] Moto GP™, búsqueda en internet (www.motogp.com)
- [2] Dorna Sports, búsqueda en internet (www.dorna.com)
- [3] Apuntes asignatura *Economía y Legislación en transporte y logística*. María José Borreguero Fígols
- [4] MENDOZA DIAZ, A., *Análisis estadístico del peso y las dimensiones de los vehículos de carga que circulan por la red nacional de carreteras*. Instituto Mexicano del transporte
- [5] Alonso, G., *El impacto ambiental del transporte aéreo y las medidas para mitigarlo*, Madrid: ETSI Aeronáuticos, p. 3-5.
- [6] GARRIDO J., Departamento de Geografía y Ordenación del territorio, *Impactos medioambientales y sociales del transporte*. Universidad de Zaragoza: p. 6-7
- [7] Días empleados en travesías marítimas (www.searates.com)

Bibliografía complementaria

- [1] Minis, I., Paraschi, M. and Tzinourtas, A., "The Design of Logistics Operations for the Olympic Games", *Journal of Supply Chain and Physical Distribution Management*, vol. 36, n. 8, 2006, p.p. 621-642.